

# STATIONARY BASE PROGRAMMED MANIPULATOR ARRANGEMENT FOR CONTINUOUSLY MOVING WORKPIECE

Patent number: DE2234759

Publication date: 1973-02-01

Inventor: ENGELBERGER JOSEPH F (US);  
DUNNE MAURICE J (US)

Applicant: UNIMATION INC

Classification:

- international: B23Q3/00

- european: B25J9/00T; G05B19/418C1;  
G05B19/425

Application number: DE19722234759 19720714

Priority number(s): US19710163014 19710715

Also published as:

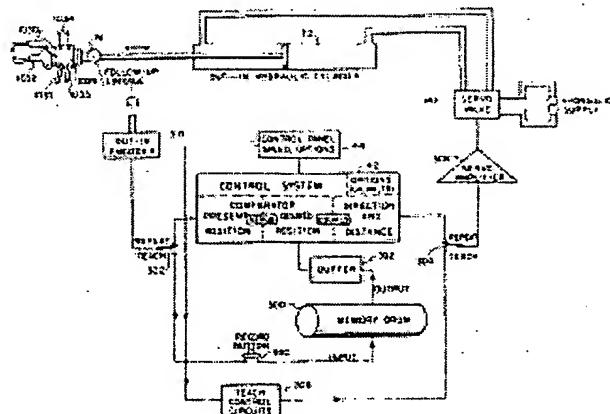
- US3744032 (A1)
- GB1405651 (A)
- FR2145708 (A1)
- SE7710679 (L)
- SE7512028 (L)

[more >>](#)

Abstract not available for DE2234759

Abstract of corresponding document: [US3744032](#)

A stationary base programmed manipulator arrangement is provided for cooperation with workpieces on a continuously moving conveyor. The manipulator arm is mounted for movement about a vertical axis to follow a workpiece on the conveyor and execute a predetermined pattern of operations on each workpiece as it moves past the manipulator station. The manipulator may be programmed by successively stopping the workpiece at different closely spaced locations along the conveyor path, successively moving the manipulator arm to positions corresponding to different points on a representative workpiece when said workpiece is positioned at said different



locations, and recording said corresponding positions to which said arm is successively moved.

---

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

(51) BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES



PATENTAMT

Int. Cl.:

B 23 q, 3/00  
B 25 j, 9/00  
G 05 b, 19/00  
B 23 k, 37/02

(52)

Deutsche Kl.:

49 m, 3/00  
87 a, 22  
42 r1, 19/00  
49 h, 37/02

(10)  
(11)

# Offenlegungsschrift 2234 759

(21)  
(22)  
(43)

Aktenzeichen: P 22 34 759.7

Anmelde tag: 14. Juli 1972

Offenlegungstag: 1. Februar 1973

Ausstellungs priorität: —

(30)  
(32)  
(33)  
(31)

Unions priorität

Datum: 15. Juli 1971

Land: V. St. v. Amerika

Aktenzeichen: 163014

(54)

Bezeichnung: Programmierbarer Manipulator

(61)

Zusatz zu: —

(62)

Ausscheidung aus: —

(71)

Anmelder: Unimation Inc., Bethel, Conn. (V. St. A.)

Vertreter gem. § 16 PatG: Schmidt, G. W., Dipl.-Ing., Patentanwalt, 8000 München

(72)

Als Erfinder benannt: Engelberger, Joseph F.; Dunne, Maurice J.; Newton, Conn. (V. St. A.)

DT 22.4759

772-1017

Patentanwalt  
Dipl.-Ing. G. W. Schmidt  
8000 München 5  
Buttermelcherstraße 19

14. Juli 1972

Mein Z.: Engelberger Case 127

2234759

Unimation, Inc., Bethel, Conn. (V.St.A.)

---

Programmierbarer Manipulator

---

Die Erfindung bezieht sich auf einen programmierbaren Manipulator für den automatischen Arbeitseinsatz eines Werkzeugs in einer Fließbandfertigung unter fortlaufendem Werkstückvorschub, mit dem die Werkzeugbewegung jeweils während einer bestimmten Vorschubstrecke synchronisiert ist, worauf das Werkzeug in eine Ausgangsstellung zurückkehrt.

Solche Manipulatoren finden für die verschiedenartigsten Verrichtungen in der Fließbandfertigung Verwendung. Die USA-Patentschrift 3 283 918 gibt eine Ausführung an, bei der sich der Manipulator auf Schienen neben einem kontinuierlich angetriebenen Fließband synchron mit dem Werkstückvorschub einherbewegt, so daß innerhalb eines jeden Arbeitszyklus keine Relativbewegung zwischen dem Manipulator und dem jeweiligen Werkstück zu verzeichnen ist. Obgleich sich eine solche Ausführung für ihren Zweck als geeignet erwiesen hat, ist an ihr nachteilig, daß der als Ganzes bewegliche Manipulator

eine beträchtliche Bodenfläche in Anspruch nimmt, die für das Bedienungspersonal als unzugänglich gelten muß, und daß damit viel Raum erforderlich ist, um beispielsweise an einer Kraftfahrzeugkarosserie eine Schweißoperation durchzuführen. Hinzu kommt der Aufwand für den Oberbau, der den gesamten Manipulator zu tragen hat und für die mitzuschleppenden Zuführungsleitungen, wie Schweißkabel, Luftschräuche und dergl. Schließlich stellt der Antrieb für den Manipulator entlang seiner Schienenbahn die aufwendigste Art eines Antriebs für die einzelnen Bewegungen eines Manipulators dar. Auch ist die Verlegung, Wartung und Reparatur des Oberbaus für den Verkehr eines oder mehrerer solcher Manipulatoren entlang einem Fließband mit langwierigen und kostspieligen Betriebsstörungen verbunden.

Andererseits hat man für das Schweißen von Kraftfahrzeugkarosserien bereits ein intermittierend betriebenes Fließband verwendet, mit dem die Karosserien nacheinander in verschiedene Stationen gegenüber einer Gruppe ortsfester Manipulatoren gebracht werden. In diesem Falle wird das Fließband so lange angehalten, wie ein bestimmter Schweißvorgang andauert. Eine solche Ausführung hat den Nachteil, daß sich das Fließband insgesamt beträchtlich langsamer bewegen muß als ein kontinuierlich angetriebenes, da die Karosserien erst nach Abschluß eines jeden Schweißvorganges weitergefördert werden können und die Taktzeit zudem von dem längstdauernden Arbeitszyklus bestimmt wird. Hinzu kommt der Aufwand in dem Fließbandantrieb, der erforderlich ist, um das Fließband jeweils exakt anzuhalten, wenn die aufeinanderfolgenden Karosserien eine bestimmte Stellung gegenüber dem Manipulator innerhalb einer jeden Station erreicht haben. Schließlich ist es nicht angezeigt, an einem solchen Fließband menschliche Arbeitskräfte neben den programmierten Manipulatoren arbeiten zu lassen, da die ersteren stets durch Notschalter zu schützen sind, durch deren Betätigung der automatische Betriebsablauf

empfindlich gestört würde.

Aufgabe der Erfindung ist es daher, einen programmierbaren Manipulator der eingangs angegebenen Art zur Verwendung bei fortlaufendem Werkstückvorschub so auszubilden, daß für seinen Betrieb keine kostspieligen, störenden und raumaufwendigen Installationen erforderlich sind und dennoch ein mindestens gleichwertiger Funktionsablauf wie bei den obenerwähnten bekannten Ausführungen gegeben ist.

Diese Aufgabe ist erfindungsgemäß vor allem dadurch gelöst, daß der Manipulator selbst feststehend ist und daß er als Werkzeugträger einen in mehreren Koordinaten verfahrbaren Arm aufweist, dessen programmgesteuerter Bewegungsablauf sich in Abhängigkeit von der Vorschubbewegung der Werkstücke vollzieht.

Vorzugsweise ist der Arm um eine vertikale Achse schwenkbar sowie aus- und einfahrbar, um mit geringstem Aufwand einen möglichst weiten Bereich der Werkstückbahn für den Manipulator erreichbar zu machen. Die Werkstücke werden in der Regel von einem durchgehenden Fließband aufgenommen.

Im weiteren wird die Erfindung samt zweckmäßigen Anwendungs- und Ausgestaltungsmöglichkeiten anhand eines in den Figuren dargestellten Ausführungsbeispiels im einzelnen beschrieben. Es zeigt

Fig. 1 eine perspektivische Schemaansicht des betreffenden Manipulators in Verbindung mit einem fortlaufend angetriebenen Fließband, an dem der Manipulator eine Reihe von Punktschweißungen zu verrichten hat;

Fig. 2 ein Schema entsprechend einer Draufsicht der Anordnung aus Fig. 1, aus dem die einzelnen Positionen des Manipulatorarmes und des Fließbandes hervorgehen, während der Manipulator nach einem bestimmten Modus programmiert wird;

Fig. 3 eine mehr ins einzelne gehende Blockdarstellung der Steuerung des Manipulators aus Fig. 1 für den Fall, daß dieser in seinem Instruktionsmodus betrieben wird, wobei er

sichtlich ist, wie Informationen bezüglich der einzelnen Schweißvorgänge an fortlaufend bewegten Kraftfahrzeugkarosserien in einem Trommelspeicher des Manipulators aufgezeichnet werden;

Fig. 5 eine generelle Blockdarstellung der Steuerung des Manipulators aus Fig. 1 bei Betrieb in seinem Arbeitsmodus;

Fig. 6 eine mehr ins einzelne gehende Blockdarstellung der Steuerung nach Fig. 5;

Fig. 7 ein schematisches Schaltbild bestimmter Steuerschaltkreise innerhalb des Manipulators, um diesen in Abhängigkeit von einem in dem Instruktionsmodus eingegebenen Schweißsignal zu steuern und ein Alarmsignal dann abzugeben, wenn der Manipulatorarm nicht präzise der Bewegung des fortwährend angetriebenen Fließbandes folgt;

Fig. 8 ein Schema der hydraulischen Komponenten des Manipulators aus Fig. 1 unter besonderer Bezugnahme auf die Möglichkeit, diese hydraulischen Komponenten während der einzelnen Schweißvorgänge unwirksam zu machen;

Fig. 9 ein Schema des Fließbandantriebs, der während des Instruktionsmodus nach Fig. 2 in Tätigkeit tritt;

Fig. 10 ein Schema ähnlich demjenigen aus Fig. 2, aus dem ersichtlich ist, welche Bewegungen der Manipulatorarm und das Fließband während eines sogenannten Neutralmodus bei der Programmierung des Manipulators aus Fig. 1 erfahren und

Fig. 11 ein Schema, aus dem hervorgeht, wie bei dem betreffenden Manipulator bei der Programmierung nach Fig. 10 der Bewegungswiderstand während des Schweißvorganges kompensiert wird.

Das in Fig. 1 generell mit 1000 bezeichnete Fließband trägt eine Anzahl Kraftfahrzeugkarosserien 1002, von denen

in der Figur nur eine zu sehen ist, vorbei an einer Gruppe erfindungsgemäßer ortsfester Manipulatoren 1004, von deren einem nur das Ende seines Armes dargestellt ist.

Die Karosserien 1002 liegen in dem gezeigten Fall auf einzelnen Schlitten 1006 auf, die mit einem seitlich hervortretenden Anschlag 1008 ausgestattet sind. Jede Karosserie ist auf ihrem Schlitten ebenfalls durch Anschläge positionsgenau festgelegt. Während sich die Schlitten 1006 entlang der Bahn des Fließbandes bewegen, kommt der Anschlag 1008 an dem Ende 1010 eines Steuerhebels 1012 zur Anlage, der schwenkbar auf einem Lagerstück 1014 gelagert ist. Das Lagerstück 1014 gleitet auf einer Führungsschiene 1016, die, fest angebracht, an dem Fließband 1000 entlangläuft. Normalerweise liegt das Lagerstück 1014 an einem Anschlag 1018 eines einstellbaren Anschlagträgers 1020 an, der ebenfalls auf der Führungsschiene 1016 sitzt und auf dieser in jede gewünschte Anfangsstellung in bezug auf die Längsrichtung des Fließbandes gebracht werden kann, in der er festlegbar ist.

Trifft der Anschlag 1008 auf dem Ende 1010 des Hebels 1012 auf, so gleitet das Lagerstück 1014 fortan auf der Führungsschiene 1016 entlang und führt dabei das obere Trum einer Antriebskette 1022 mit sich, die mit ihm verbunden ist und über ein Kettenrad 1024 läuft. Das Kettenrad 1024 steht über eine Hilfskette 1026 mit der Eingangswelle 1027 eines Codierers in Verbindung, der generell mit 1028 bezeichnet ist. Der Codierer 1028 kann denjenigen entsprechen, die für die verschiedenen Steuerkoordinaten des Manipulators 1004 vorgesehen sind, indem er wie diese ein fortwährend veränderliches digitales Ausgangssignal entsprechend der absoluten Position beispielsweise des Lagerstücks 1014 liefert, wenn dieses sich auf die angegebene Weise synchron mit dem Fließband 1000 bewegt.

Der Codierer 1028 liefert ein digitales 0-Signal, so lange das Lagerstück 1014 an dem Anschlag 1018 anliegt, und während sich das Lagerstück entlang der Bahn des Fließbannes mit einer Karosserie 1002 bewegt, entsteht in dem Codierer 1028 ein digitales Ausgangssignal, das in jedem Augenblick die genaue Position der Karosserie gegenüber dem festen Anschlag 1018 angibt.

Dieses digitale Codierer-Ausgangssignal wird nun erfindungsgemäß zur Steuerung des Manipulatorarmes ausgenutzt, so daß dieser gegenüber dem betreffenden Karosserieteil, nachdem der Manipulator programmiert wurde, einen vorbestimmten Weg beschreibt, beispielsweise um eine Serie von Punktschweißungen auszuführen. Zu diesem Zweck ist der Manipulatorarm mit einer Schweißpistole 1029 ausgestattet, die ein Paar Schweißelektroden 1030 und 1032 trägt. Die Schweißpistole 1029 ist am Ende des Manipulatorarmes um eine Längs- und Querachse schwenkbar angeordnet. Die Schweißelektrode 1032 kann unter Vermittlung eines pneumatischen Arbeitszylinders beweglich sein, dessen Betätigung durch Druckluft über die Schläuche 1033 und 1035 erfolgt. Bewegt sich der Kolben des betreffenden Arbeitszylinders in einer Richtung, so klemmen die Elektroden 1030 und 1032 die dafür vorgesehene Zone der Karosserie 1002 zwischen sich ein, worauf eine elektrische Punktschweißung mittels eines Schweißstromes erfolgen kann, der durch - ebenso wie die Schläuche 1033 und 1035 von oben kommende - Kabel 1034 zugeführt wird.

Wenn sich die betreffende Karosserie 1002 an dem Manipulator vorbeibewegt hat und durch diesen Manipulator die gewünschte Folge von Punktschweißungen ausgeführt wurde, ist es erforderlich, das Lagerstück 1014 an den Anschlag 1018 zurückzuführen, damit der Codierer 1028 beim Eintreffen der nächsten Karosserie, wenn der zugehörige Anschlag 1008 auf dem Lagerstück 1014 auftrifft, wiederum ein für die

Steuerung des Manipulatorarmes geeignetes Synchronisierungssignal liefern kann. Aus diesem Grund ist zum Eingriff mit dem Ende 1036 des Steuerhebels 1012 ein Nocken 1038 an einem Nockenträger 1040 vorgesehen, der wiederum auf der Führungsschiene 1016 angeordnet und in irgendeine gewünschte Abschlußstellung auf dieser einstellbar ist. Das obere Trum der Antriebskette 1022 und das damit verbundene Lagerstück 1014 werden durch einen Schlupfmotor, d. h. einen Motor mit begrenztem Drehmoment, 1042, der über eine Antriebskette 1044 und ein Kettenrad 1046 mit der Kette 1022 gekuppelt ist, fortwährend in Richtung auf den Anschlag 1018 gedrängt. Wenn nun das Ende 1036 des Steuerhebels 1012 durch den Nocken 1038 emporgehoben wird, verläßt das Ende 1010 des Steuerhebels den Anschlag 1008, worauf das Lagerstück 1014 unter der Einwirkung des Motors 1042 in seine Ausgangsstellung an dem Anschlag 1018 zurückkehrt, während die betreffende Karosserie ihre Bewegung fortsetzt.

Bei der Rückkehr des Lagerstücks 1014 trifft das Ende 1036 des Hebels 1012 auf einen geneigten Nocken 1048 an dem Anschlagträger 1020 auf, der den Hebel 1012 in seine Ausgangsstellung zurückschwenkt, so daß sein Ende 1010 mit dem Anschlag 1008 des nächsten Schlittens 1006 zum Eingriff kommt. Dabei wirkt der Nocken 1048 ebenso als Puffer, der das Lagerstück 1014 verhältnismäßig weich abfängt, um eine Beschädigung des Antriebs für den Codierer 1028 zu vermeiden. Der Nocken 1048 ist nachgiebig genug, daß das Lagerstück 1014 stets in die gleiche Ausgangsstellung am Anschlag 1018 zurückfindet.

Da der Manipulatorarm beispielsweise eine Strecke von 5,5 m entlang der näherliegenden Kante des Fließbandes bestreichen kann, ist der Codierer 1028 vorzugsweise ein 13-Bit-Codierer. Ein solcher liefert etwa 8000 numerische Bits für die gesamte Strecke und erlaubt damit eine genauer Pro-

grammierung entsprechend Wegstrecken des Fließbandes von etwa 2,5 cm. Entsprechend sollten die Kettenräder und Überstellungsverhältnisse im Codiererantrieb so gewählt werden, daß der Gesamtdrehwinkel der Eingangswelle des Codierers dem vollen Hub des Lagerstücks 1014 entlang dem Fließband entspricht.

Erfnungsgemäß kann der Manipulator 1004 in zwei verschiedenen Moden programmiert werden, um beispielsweise die gewünschte Serie von Punktschweißungen an fortlaufend bewegten Karosserien 1002 auszuführen.

Im ersten Programmiermodus, der als "Quasi-Durchlauf-Modus" bezeichnet werden kann und in Verbindung mit den Figuren 1 - 9 beschrieben ist, wird der Manipulator 1002 zunächst programmiert, indem man das Fließband 1000 so steuert, daß eine Karosserie 1002 sich um sehr kurze Stütze vorwärtsbewegt in der Größenordnung von 2,5 cm, wobei die Karosserie nach jedem dieser Vorschubschritte des Fließbandes wieder zum Stehen kommt, um die Stellung des Manipulatorarmes für verschiedene Punkte der Karosserie einzuprogrammieren. Auf diese Weise wird der Manipulator 1004 zum Anfahren verschiedener Positionen entsprechend jedem Vorschubschritt der Karosserie instruiert, und zusätzlich wird bei bestimmten Punkten, an denen eine Punktschweißung an der Karosserie erfolgen soll, ein Schweißsignal eingegeben. Während der Manipulatorarm programmiert wird, um eine bestimmte Bahn gegenüber der Karosserie 1002 zu beschreiben, wird das digitale Ausgangssignal des Fließband-Codierers 1028 als sogenanntes Bandsteuersignal aufgezeichnet, und desweiteren wird für jede Bandposition ein "Bandsynchronisiersignal" aufgegeben, das während des anschließenden Arbeitsbetriebes dazu dient, die Auswahl einzelner Programmschritte des in dem Manipulator aufgezeichneten Programms unter Vergleich des gegenwärtigen Codierer-Ausgangssignals mit dem aufgezeichneten Bandsteuersignal

zu steuern, wie nachfolgend noch im einzelnen beschrieben wird.

Nach Programmieren des Manipulators 1004 in Abhängigkeit von den einzelnen Vorschubschritten der Karosserie 1002 wird das Fließband 1000 umgestellt, um nun mit einer kontinuierlichen Geschwindigkeit von beispielsweise 10 cm/s zu laufen, wobei der Codierer 1028 von dem Schlitten 1006 der betreffenden Karosserie angetrieben wird/ein digitales Ausgangs-signal erzeugt, das kennzeichnend ist für die Bewegung der Karosserie durch die Manipulatorstation. Die Programmschritte des Manipulators 1004 werden dabei aufeinanderfolgend so ausgewählt, daß der Manipulatorarm in Abhängigkeit von der kontinuierlichen Bewegung der Karosserie dieser gegenüber einen vorbestimmten Weg beschreibt, entlang dem Punktschweißungen herzustellen sind.

Soll an der Karosserie 1002 eine Punktschweißung hergestellt werden, so klemmen die Elektroden 1030 und 1032 die betreffende Zone der Karosserie zwischen sich ein, wodurch das Ende des Manipulatorarmes mit der sich kontinuierlich bewegenden Karosserie über den betreffenden Zeitraum gekuppelt ist. Läuft das Fließband 1000 mit einer Geschwindigkeit von 10 cm/s und sind die Elektroden 1030 und 1032 beispielsweise 0,6 s lang aufeinandergepreßt, so bleibt der Manipulatorarm mit der Karosserie über eine Strecke von 6 cm gekuppelt.

Im Quasi-Durchlauf-Modus der Programmierung des Manipulators 1004 wird der Manipulatorarm so programmiert, daß er sich während derjenigen Zeiträume, in denen eine Punktschweißung erfolgt und die Elektroden 1030 und 1032 mit der Karosserie in Eingriff stehen, in Richtung der Bandbewegung bewegt. Bei diesem Programmiermodus nimmt man an, daß die Synchronisation der Bewegung des Manipulatorarmes mit derjenigen der Karosserie hinreichend präzise ist, um die Elektroden mit einem

bestimmten Punkt der Karosserie zum Eingriff zu bringen, ohne daß dabei eine merkliche Relativbewegung zwischen den Elektroden und der Karosserie erfolgt. Würde eine solche Relativbewegung auftreten, während die Elektroden mit der Karosserie in Eingriff stehen, so würde eine unzulängliche Punktschweißung zustandekommen und die verhältnismäßig dünnwandige Karosserie würde Wellen werfen oder sich verziehen, da die Antriebsmittel des Manipulatorarmes verhältnismäßig kräftig sind. Aus diesem Grunde ist erfindungsgemäß noch ein zweiter Programmiermodus für den Manipulatorarm vorgesehen, der sogenannte "Neutral-Modus", der genauer noch in Verbindung mit den Figuren 10 und 11 beschrieben wird. Unter diesem Modus werden die hydraulischen Antriebszylinder für die fünf Steuerkoordinaten des Manipulators außer Tätigkeit gesetzt, solange die Schweißelektroden 1030 und 1032 geschlossen sind, damit der Manipulatorarm der Karosserie in allen Koordinatenrichtungen zwanglos folgen kann. Außerdem noch ist der Bewegungswiderstand des hydraulischen Antriebszylinders für das Herein- und Herausfahren bei diesem Modus kompensiert, um dem Manipulatorarm eine völlig freie Bewegung in Abhängigkeit von der Bewegung der Karosserie zu ermöglichen. Obgleich davon ausgegangen wird, daß der Quasi-Durchlauf-Modus eine genügend genaue Steuerung des Manipulatorarmes ergibt, um während des Anliegens der Schweißelektroden keine Relativbewegung entstehen zu lassen, ist es also möglich, die hydraulischen Antriebszylinder währenddessen stillzusetzen, um auch jede noch so kleine Relativbewegung während des Schweißvorganges zu vermeiden.

Da die Programmierung des Manipulators 1004 zunächst für Punkte erfolgt, die sehr dicht beieinander liegen, entsprechend Vorschubschritten der Karosserie von 2,5 cm, ist ersichtlich, daß hierdurch für den Arbeitsbetrieb eine quasi-kontinuierliche Wegsteuerung des Manipulators erreicht wird, so daß Schweißpunkte verhältnismäßig dicht beieinander entlang einer

irgendwie gekrümmten Bahn, wie z. B. entlang einer Radöffnung der Karosserie, erzeugt werden können. Würde der Manipulatorarm hingegen am Ende eines jeden Programmschritts zum Stillstand kommen, wie dies bei herkömmlichen programmierten Manipulatoren der Fall ist, so würde die Bewegung des Manipulatorarmes gegenüber der Karosserie ganz diskontinuierlich erfolgen, da der Manipulatorarm Beschleunigungen und Verzögerungen zwischen den einzelnen programmierten Positionspunkten erfahren würde, während sich die Karosserie 1022 doch kontinuierlich bewegt.

Nach einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung vollzieht sich der Abruf aufeinanderfolgender Programmschritte nicht aufgrund einer vollkommenen Koinzidenz zwischen den einzelnen Codierersignalen für die verschiedenen Steuerkoordinaten und den betreffenden Steuersignalen aus einem Trommelspeicher, sondern aufgrund eines Vergleichs des Ausgangssignals aus dem Fließband-Codierer 1028 mit dem Bandsteuersignal, das während der Programmierung für einen jeden der Vorschubschritte aufgezeichnet wurde. Dieser Vergleich kann mit einer vorbestimmten, einstellbaren Genauigkeit erfolgen mit Mitteln, die nachfolgend noch im einzelnen beschrieben werden. Demgemäß wird der Trommelspeicher des Manipulators 1004 für die einzelnen Programmschritte unter Steuerung durch das digitale Ausgangssignal aus dem Codierer 1028 fortlaufend weitergeschaltet, so daß die hydraulischen Antriebszylinder des Manipulatorarmes ständig veränderliche Geschwindigkeitssignale erhalten, die zusammen einen kontinuierlichen Weg ergeben, mit dem die Schweißelektroden 1030 und 1032 jederzeit annähernd ihre gewünschte Stellung gegenüber der Karosserie 1002 einnehmen. Somit folgt der Manipulatorarm gegenüber der Karosserie 1002 einem vorgegebenen Weg, gleichgültig ob die Schweißelektroden 1030 und 1032 sich mit der Karosserie in Kontakt befinden. Damit können die Positionen für die einzelnen Schweißpunkte auf

der Karosserie mit einer Genauigkeit von etwa 3 mm angefahren werden, was durchaus tolerierbar erscheint.

Da der Manipulatorarm zum Zusammenwirken mit der nächstfolgenden Karosserie 1002 jedes Mal in seine Ausgangsstellung zurückkehren muß und diese Ausgangsstellung genau durch den Anschlag 1018 festgelegt ist, kann der Manipulator 1004 von einem Programmschritt zum nächsten unter zwei verschiedenen Steuermoden übergehen. Beim ersten Modus wird der Manipulatorarm auf die übliche Weise unter Verwendung einer vollkommenen oder künstlichen Koinzidenz der Steuer- und Codierersignale für alle fünf Steuerkoordinaten gesteuert, wohingegen bei dem zweiten Modus der Abruf von Programmschritten lediglich auf Grund eines Vergleiches zwischen dem digitalen Ausgangssignal aus dem Fließbandcodierer 1028 und dem zuvor aufgezeichneten Bandsteuersignal erfolgt. Um von dem einen zu dem anderen Modus überzugehen, wird das bereits erwähnte Bandsynchronisier-Signal aufgegeben für all diejenigen Programmschritte, bei denen die Steuerung des Manipulators über den Fließbandcodierer 1028 erfolgen soll, wie nachfolgend noch beschrieben wird.

In Fig. 3 sind die Hauptkomponenten der Manipulatorsteuerung in Blockdarstellung in Verbindung mit einer Steuerkoordinate, nämlich der Ausfahr-Einfahr-Koordinate des Manipulators, dargestellt. Die Steuerung enthält einen kontinuierlich angetriebenen Trommelspeicher 300, in dem digitale Informationen für drei verschiedene Programme gespeichert werden können, deren jedes aus einer Anzahl von bis zu 60 Programmschritten besteht. Die Steuerung hat zwei Grundmoden ihrer Arbeitsweise. Der erste Modus ist der sogenannte Instruktionsmodus, bei dem der hydraulisch angetriebene Manipulatorarm in eine Anzahl aufeinanderfolgender Positionen gebracht wird, die er während aufeinanderfolgender Arbeitszyklen im Arbeitsbetrieb schließlich in der gleichen Reihenfolge einnehmen soll. Jedes Mal,

wenn der Manipulatorarm in eine neue solche Position gebracht wird, wird diese in dem Trommelspeicher 300 aufgezeichnet, zusammen mit einem Hilfssignal, welches besagt, wie der betreffende Programmschritt auszuführen ist. Zu diesem Zweck sind zwei Instruktions-/Arbeits-Umschalter 302 und 304 vorgesehen. Werden diese Schalter in die Instruktionsstellung gebracht, so werden Instruktionssteuerkreise 306 mit dem Eingang eines Servoverstärkers 308 verbunden, der das Servoventil 182 für die Einfahr- und Ausfahrbewegung des Manipulatorarmes steuert.

Die Instruktionssteuerkreise 306 enthalten geeignete Spannungsquellen, um den Manipulatorarm in allen fünf Steuerkoordinaten zu bewegen, ebenso wie Steuermittel für die Genauigkeit, mit welcher der Arm in die gewünschten Positionen gebracht werden soll, die Steuerung des Schweißvorganges in den betreffenden Positionen, die Steuerung des Programmschrittwechsels in Abhängigkeit von dem Signal des Fließbandcodierers 1028 und andere Funktionen, die aus der nachfolgenden Beschreibung noch hervorgehen. Das durch den Servoverstärker 308 hindurchgehende Signal öffnet das Ventil 182 um einen Betrag, welcher der Amplitude dieses Signals entspricht, so daß der Antriebszylinder 72 die Schweißpistole 1029 in der gewünschten Weise entlang der Ausfahr-Einfahr-Koordinate bewegt. In Fig. 3 ist das Ventil 182 beispielsweise mit wechselweisen Ausgängen für den Zylinder 72 dargestellt. Es versteht sich jedoch, daß auf der Kolbenstangenseite des Zylinders auch dauernd der Systemdruck auftreten könnte, wie nachfolgend noch beschrieben wird. Jedenfalls bewirkt der resultierende Druck auf den Kolben des Zylinders 72, daß sich die Schweißpistole 1029 in Abhängigkeit von der Polarität des elektrischen Signals aus dem betreffenden Steuerkreis 306 in Längsrichtung des Manipulatorarmes hin- oder herbewegt.

Um digitale Informationen über die jeweilige Position des Armes in einer jeden der fünf Steuerkoordinaten zu liefern, ist eine Anzahl von digitalen Codierern vorgesehen, je einer

für eine jede Koordinate, von denen der gezeigte Ausfahr-Einfahr-Codierer 310 ein digitales Signal für die Position der Schweißpistole in der betreffenden Koordinate liefert. Ebensolche Codierer sind, wie gesagt, zur Erzeugung digitaler Signale für die Bewegungen des Manipulatorarmes in den anderen vier Steuerkoordinaten vorgesehen. Jeder dieser Codierer, ebenso wie der Fließband-Codierer 1028, ist vorzugsweise so ausgebildet, daß er ein sehr genaues Signal auch für verhältnismäßig lange Wegstrecken ergibt.

Betrachtet man nun wieder den Instruktionsmodus der Steuerung. Wenn die Schweißpistole 1029 gegenüber der Karosserie 1002 in bestimmten Stellung des Fließbandes, die von dem Fließbandcodierer 1028 angegeben wird, in eine bestimmte Position gebracht wurde, so liefern die Codierer 310 und 1028 digitale Ausgangssignale, die diese letzte Position der Schweißpistole bezüglich der Ausfahr-Einfahr-Koordinate gegenüber dem Band 1000 anzeigen. Natürlich wird der Manipulatorarm gleichzeitig auch in den vier anderen Koordinaten positioniert, so daß die Schweißpistole gegenüber der auf dem Band 1000 befindlichen Karosserie 1002 eine gewünschte Endposition und -orientierung einnimmt, die sie auch während des nachfolgenden Arbeitsbetriebes während eines jeden Arbeitszyklus einnehmen soll. Die von den Codierern fortlaufend erzeugten digitalen Signale gelangen über den Schalter 302 an die eine Seite eines normalerweise offenen Aufzeichnungs-Druckschalters 340. Ebenso gelangen bestimmte andere Signale aus den Instruktionssteuerkreisen 306 und von einem Steuersystem an der Bedienungstafel 44 an den Druckschalter 340, die für weitere, in Verbindung mit der jeweils angefahrenen Position des Manipulatorarmes durchzuführende Funktionen maßgebend sind. Wird nun der Druckschalter 340 niedergedrückt, so gelangen all diese Signale in den Trommel-

daraus sowohl ein Richtungssignal entsprechend der Richtung, in welcher sich die Schweißpistole bewegen muß, um eine Abweichung zu verringern, als auch ein Entfernungssignal entsprechend dem numerischen Unterschied zwischen dem Codiererausgangssignal und dem in der Trommel gespeicherten Steuer-Signal für die gewünschte Position. In dem gezeigten Beispiel für die Ausfahr-Einfahr-Koordinate werden diese Signale über den Schalter 304 dem Servoverstärker 308 zugeführt, der das Servoventil 182 so steuert, daß der Zylinder 72 die Schweißpistole in der geeigneten Weise bewegt, um das aus dem Vergleich gewonnene Abweichungssignal auf 0 oder einen anderen, einprogrammierten Wert zu reduzieren.

Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung kann der Übergang von einem Programmschritt zum nächsten, wie gesagt, vermittels zweier verschiedener Steuermoden erfolgen. Bei dem ersten Modus wird der nächste Programmschritt dann in das Pufferspeicherregister 392 eingelesen und mit den Ausgangssignalen der Codierer für die einzelnen Koordinaten verglichen, wenn Koinzidenz mit der gewünschten Genauigkeit für sämtliche Steuerkoordinaten erreicht ist. Dabei werden die aus dem Vergleich gewonnenen Abweichungssignale dazu verwendet, um die betreffenden Antriebszylinder für die Bewegung der Schweißpistole zu dem nächsten Programmpunkt zu steuern.

Bei dem zweiten Modus erfolgt der Übergang zu dem nächsten Programmschritt auf Grund eines Vergleiches des digitalen Ausgangssignales aus dem Fließbandcodierer 1028 mit dem einprogrammierten Steuersignal und unabhängig davon, ob in den einzelnen Steuerkoordinaten des Manipulators Koinzidenz erreicht wurde. Infolgedessen findet ein Übergang zu dem nächsten Programmschritt in diesem Falle jedesmal dann statt, wenn das kontinuierlich angetriebene Fließband 1000 sich um 2,5 cm weiterbewegt hat. Hat der Manipulatorarm bis dahin die mit dem je-

weiligen Programmschritt vorgeschriebene Position noch nicht ganz erreicht, so hat dies zur Folge, daß das den einzelnen Servoventilen als Steuersignal zugeleitete Abweichungssignal etwas größer ist, so daß der Manipulatorarm nunmehr entsprechend rascher die vorgegebene Position anstrebt. Auf diese Weise kommt eine Selbstkorrektur zustande, aufgrund derer der Manipulatorarm eine beständige, gesteuerte Bewegung entlang einer Bahn in bezug auf die Karosserie erfährt, ungeachtet Veränderungen in der Geschwindigkeit des Fließbandes, des Manipulatorarmes zwischen den einzelnen Programmpositionen und weiterer Faktoren, aufgrund derer der Synchronismus der Bewegung des Manipulatorarmes mit derjenigen der Karosserie an sich verlorengehen könnte.

In Fig. 4 ist die Steuerung des Manipulators etwas detaillierter gezeigt, ebenso wie die Art aus dieser Figur hervorgeht, in welcher der Trommelspeicher 300 während des Instruktionsmodus programmiert wird. Der Trommelspeicher 300 weist 60 Schreib-Lese-Köpfe 350 auf, die entlang einer Mantellinie der Speichertrommel angeordnet sind. Diese können während des Instruktionsvorganges als Schreibköpfe und während des Arbeitsbetriebes als Leseköpfe dienen. Um die Programmschritt-Kapazität des Trommelspeichers zu erhöhen, ist der Trommelumfang unterteilt derart, daß ein erster Programmabschnitt über ein Drittel des Trommelumfanges, ein zweiter Programmabschnitt über ein zweites Drittel und ein dritter Programmabschnitt über das restliche Drittel des Trommelumfanges auftritt. Die Endpunkte der einzelnen Programmabschnitte werden von Wortspuren bezeichnet, die beständige Aufzeichnungen tragen und an den betreffenden Stellen je einmal bei jeder Trommelumdrehung in Erscheinung treten. Drei Taktköpfe 351, 352 und 353 sind dazu vorgesehen, diese Wortspuren abzutasten, wobei der Taktkopf 351 die Impulse der ersten Wortspur, der Kopf 352 diejenigen der zweiten Wortspur und der Kopf 353 diejenigen der dritten Wortspur aufnimmt. Die Ausgangssignale der Köpfe 351, 352 und

353 gelangen zu einem Programmselektor 360, um die Anfangs- und Endpunkte eines bestimmten Programmabschnitts festzustellen. Während des ersten Programmabschnitts werden von einem Dauertaktkopf 359 Dauertaktimpulse von der Trommel abgelesen, die wahlweise einem Verstärker 362 zugeführt werden. Dabei finden die Anfangs- und Endimpulse aus dem Programmselektor 360 dazu Verwendung weitere Dauertaktimpulse daran zu hindern, während des zweiten und dritten Programmabschnitts am Ausgang des Verstärkers 362 zu erscheinen.

Bei dem beschriebenen Ausführungsbeispiel kann eine große Zahl Programmschritte erforderlich sein, um die oben erwähnte quasi-kontinuierliche Bewegung des Manipulatorarmes in Synchronismus mit der fortlaufenden Fließbandbewegung zu erhalten. Infolgedessen können für eine gewünschte Bewegung des Manipulatorarmes alle drei Programmabschnitte Verwendung finden, womit insgesamt 180 Programmschritte zur Verfügung stehen. In diesem Zusammenhang ist erwähnenswert, daß die Rückkehr des Manipulatorarmes in seine Ausgangsstellung nach Fertigstellung sämtlicher Schweißpunkte sowie andere große Bewegungen des Armes auf herkömmliche Weise ausgeführt werden können, indem ein einziger Programmschritt für eine Bewegung des Manipulatorarmes von mehreren Metern maßgebend sein kann. Nur wenn der Arm in strenger Abhängigkeit von dem bewegten Werkstück bewegt werden muß, ist eine große Zahl aufeinanderfolgender Programmschritte hierfür erforderlich.

Die wahlweise dem Verstärker 362 zugeführten Dauertaktimpulse gelangen anschließend über eine Impulsformungsschaltung 364 als Schiebeimpulse zu einem 80-Bit-Schieberegister 366. In dem gezeigten Ausführungsfall umfaßt jeder Programmabschnitt 80 Dauertaktimpulse, so daß damit 80 Informationsbits auf einem Drittel des Trommelumfangs für einen jeden Schritt eines bestimmten, ausgewählten Programmabschnitts

untergebracht werden können. Davon sind 55 Informations-Bits erforderlich, um alle fünf aus den Codierern für die fünf Steuerkoordinaten stammenden Positionssignale aufzuzeichnen. Weitere 13 Bits dienen dazu, das digitale Ausgangssignal des Fließbandcodierers 1028 festzuhalten. Zusätzlich können weitere Funktionen durch die Instruktionssteuerkreise 306 und die Bedienungstafel 44 ausgewählt und in dem Trommelspeicher für einen bestimmten Programmschritt gespeichert werden, womit der Manipulator bei dem betreffenden Schritt zusätzliche Funktionen erfüllen kann. Beispielsweise kann ein Bit aufgezeichnet werden, welches angibt, daß der Manipulator sich der programmierten Position mit geringer Geschwindigkeit nähern soll. Ebenso können Bits entsprechend unterschiedlichen Genauigkeiten festgehalten werden, mit denen der Manipulatorarm die einprogrammierten Positionen anfahren muß, oder ein Bit, welches für das Ende eines bestimmten Programms bezeichnend ist. Schließlich kann noch eine Anzahl weiterer Bits für verschiedenartige wählbare Operationen des Manipulators gespeichert werden, die er in Abhängigkeit von anderen Geräten zu vollführen hat, unter Verwendung von Verriegelungsschaltungen und dergl. Beispielsweise muß in dem beschriebenen Beispiel der Manipulatorarm am Ende einer Serie von Punktschweißvorgängen in seine Ausgangsstellung zurückgeführt werden, wo er zu warten hat, bis der Anschlag 1008 in Verbindung mit der nächsten Karosserie das Lagerstück 1014 erreicht und fortan von dem Anschlag 1018 hinweg mit sich führt. Demgemäß muß zu dieser Ausgangsposition ein Signal einprogrammiert werden, das ein Abwarten eines äußeren Ereignisses festlegt. Dieses äußere Ereignis besteht in dem betrachteten Fall in dem Einsetzen der Bewegung des Lagerstücks 1014, wodurch, beispielsweise durch Schließen eines Mikroschalters, ein Steuersignal erzeugt wird. Dieses kann durch Vortäuschen einer vollkommenen Koinzidenz den Übergang zum nächsten Programmschritt auslösen. In dem 80-Bit-Schieberegister 366 steht für diesen Fall eine Anzahl zusätzlicher

Speicherplätze zur Verfügung.

Für eine jede Steuerkoordinate des Manipulators sind Instruktionseingabemittel 1050 vorgesehen, die über Druckschalter positive und negative Spannungen an Servoverstärker mit nachfolgenden Servoventilen 1052 für eine jede Koordinate anzulegen gestatten. Die Servoventile sprechen auf elektrische Signale an, die während des Instruktionsvorganges durch Betätigung hydraulischer Antriebszylinder 1054 und die entsprechende Bewegung in der betreffenden Koordinate über den jeweiligen Codierer 1056 hervorgerufen werden. Infolgedessen wird bei der Instruktion die Schweißpistole 1029 bezüglich jeder Steuerkoordinate in eine gewünschte Position gebracht, die anschließend anhaltend von dem digitalen Ausgangssignal der Codierer 1056 angegeben wird.

Weiterhin ist ein Genauigkeitswählschalter 385 vorgesehen, mit dem bestimmt werden kann, wie dicht der Manipulatorarm an eine einprogrammierte Position heranzufahren hat, bevor ein künstliches Koenzidenzsignal auftreten darf, das zum Abruf des nächsten Programmschritts führt. Ein Schweißsteuerschalter 1058 dient dazu, festzulegen, wann, d.h. in welcher der einprogrammierten Positionen, ein Schweißvorgang erfolgen soll. Schließlich ist ein Bandsynchronisierschalter 1060 vorhanden, der jedesmal dann geschlossen wird, wenn der Übergang von einem Programmschritt zum nächsten unter alleiniger Steuerung durch den Fließbandcodierer 1028 erfolgen soll. Dieser Schalter 1060 wird also geschlossen, wenn der Manipulatorarm vor Beginn eines Schweißablaufes in seine Ausgangsstellung gebracht wurde und bleibt in der geschlossenen Stellung während der Programmierung des Manipulatorarmes in Abhängigkeit von der schrittweisen Bewegung des Fließbandes 1000. Nach Vollendung des Schweißablaufes

wird der Schalter 1060 jedoch geöffnet, da dann ein Synchronismus mit dem Band 1000 nicht länger in Betracht kommt und der Manipulatorarm auf herkömmliche Weise unter Steuerung von Koinzidenzschaltkreisen in seine Ausgangsstellung zurückkehren muß.

Da das Fließband 1000 während des Instruktionsvorganges schrittweise um jeweils nur 2,5 cm vorgerückt wird, liefert der Codierer 1028 ein fortlaufendes digitales Signal, mit dem die gesamte Bewegung des Fließbandes während der Programmierung des Manipulatorarmes festgehalten wird.

Vorzugsweise sind die von den Instruktionseingabemitteln stammenden Spannungen verhältnismäßig klein, so daß sich der Manipulatorarm bei der Instruktion in jeder Koordinate nur recht langsam bewegt, damit eine exakte Positionierung der Schweißpistole 1029 gegenüber der Karosserie erreichbar ist. Die Instruktionseingabemittel 1050 sind ebenso wie der Aufzeichnungs-Druckschalter 340, der Schweißsteuerschalter 1058 und der Bandsynchronisierschalter 1060 vorzugsweise in einer tragbaren Instruktionseingabeeinheit untergebracht, die mit dem Steuerschrank des Manipulators über ein flexibles Kabel verbunden ist, so daß sich der Instruktor während des Instruktionsvorganges an jede gewünschte Stelle begeben und von dort aus die einzelnen Programmschritte steuern kann.

Ist der Arm exakt in bezug auf jede Steuerkoordinate in seine gewünschte Position gebracht und sind auch die gewünschten Zusatzfunktionen ebenso wie gewünschte Vormerkungen in die Ablaufsteuerung 368 eingegeben worden, so wird der Aufzeichnungs-Druckschalter 340 betätigt, wodurch sämtliche Codiererausgangssignale neben den Signalen für die Zusatzfunktionen und die Vormerkungen parallel an das 80-Bit-Schieberegister 366 weitergegeben werden. Ist diese

Weitergabe erfolgt, so wird ein Signal an eine Eingangsgatterschaltung 370 gegeben, die Schiebeimpulse zu dem Schieberegister 366 gelangen läßt, so daß die in dieses Schieberegister eingegebene Information in Serienform über einen Schreibverstärker 372 unter Steuerung durch einen Relaiswähler 374 einem bestimmten der Schreib-Lese-Köpfe zugeführt wird. Nimmt man an, daß der Relaiswähler 374 gerade den ersten der Schreib-Lese-Köpfe 350 angesteuert hat, so wird der erste Programmschritt in dem betreffenden Programmabschnitt des Trommelspeichers 300 aufgezeichnet. Das letzte Ausgangssignal aus dem Schieberegister 366 gelangt über die Leitung 376 an die Eingangsgatterschaltung 370, um diese zu sperren. Dieses letzte Signal gelangt weiterhin zu dem Relaiswähler 374, um diesen zu veranlassen, den Schreibverstärker 372 mit dem nächsten der Schreib-Lese-Köpfe 350 zu verbinden. Danach wird das Fließband 1000 um 2,5 cm weiterbewegt, so daß auch die für die Instruktion benutzte Karosserie 1002 eine um 2,5 cm verschobene Stellung einnimmt. Darauf werden die Instruktionseingabemittel 1050 in der gewünschten Weise betätigt, um die Schweißpistole 1029 in eine neue Position gegenüber der Karosserie zu bringen und eine dementsprechende digitale Information aus den Codierern für jede Steuerkoordinate zu erhalten. Diese Information wird bei Betätigung des Druckschalters 340 als der zweite Programmschritt gespeichert.

Die schrittweise Bewegung des Fließbandes 1000 während dieser Programmierung des Manipulators kann auf jede geeignete Weise erfolgen. Wenn z.B. die die einzelnen Karosserien tragenden Schlitten 1006 auf Rädern laufen, kann ein einzelner solcher Schlitten mit seinem Anschlag 1008 an das Lagerstück 1014 herangeführt werden, solange dieses an dem Anschlag 1018 anliegt, und anschließend von

Hand jeweils um die gewünschte Strecke von beispielsweise 2,5 cm weitergeführt werden, wonach der Manipulatorarm gegenüber der Karosserie in die gewünschte Position gebracht wird. Für die Bestimmung der erforderlichen, gleichen Vorschubschritte des betreffenden Schlittens 1006 kann jede beliebige geeignete Meßvorrichtung Verwendung finden.

Andererseits aber kann auch das gesamte Band 1000, beispielsweise mit der Anordnung nach Fig. 9, für die Programmierung des Manipulatorarmes um die erforderlichen Schritte vorwärtsbewegt werden. In dieser Figur ist ein Bandantriebsmotor 1062 zu erkennen, der über ein Getriebe 1064, ein Kettenrad 1066 und eine Antriebskette 1068 das Fließband 1000 antreibt. Auf der Antriebswelle 1072 des Getriebes 1064 befindet sich ein Kommutator 1070, der auf seinem Umfang eine Serie einzelner, gegeneinander isolierter und mit einem Schleifringkontakt 1076 in Verbindung stehender Kontaktlamellen 1074 trägt. Über die Kontaktlamellen 1074 gleitet eine Bürste 1078, die nacheinander mit den einzelnen Lamellen 1074 Kontakt erhält.

Es sei nun angenommen, daß die Bürste 1078 sich gerade zwischen zwei aufeinanderfolgenden Kontaktlamellen 1074 befindet und daß ein Start-Druckschalter 1080 betätigt wird. Über letzteren wird ein Startrelais 1082 betätigt, das über seine Schaltkontakte 1083 und 1084 den Motor 1062 an Spannung legt. Darauf beginnt sich die Welle 1072 zu drehen, und die Bürste 1078 kommt in Kontakt mit einer der Kommutatorlamellen 1074. Hierdurch wieder wird ein Haltestromkreis geschlossen, der den Start-Druckschalter 1080 überbrückt. Der Motor 1062 bleibt so lange in Betrieb, bis die Bürste 1078 die betreffende Kommutatorlamelle 1074 verlassen hat, wodurch das Relais 1082 abfällt und den Motor 1062 stillsetzt.

Das Getriebe 1064 und das Kettenrad 1066 sind so ausgelegt, daß die Bewegung des Fließbandes 1000 mit jeder Betätigung des Motors 1062 gerade 2,5 cm beträgt.

Ein Schritt-/Durchlauf-Schalter 1086 nimmt während der vorgeschriebenen schrittweisen Bewegungsweise seine Schritt-Stellung ein. Nachdem der Manipulatorarm gegenüber der Karosserie 1002 in die neue Position geführt worden ist, wird der Start-Druckschalter 1080 erneut kurzzeitig niedergedrückt, so daß das Fließband 1000 eine erneute Schrittbewegung erfährt. Darauf wird der Manipulatorarm wieder positioniert, das Fließband 1000 wieder vorgerückt usw.

Wenn auf diese Weise der gesamte Programmervorgang erfolgt ist, kann der Schalter 1086 in seine Durchlaufstellung gelegt werden. In dieser wird das Relais 1082 durch Niederdrücken des Start-Druckschalters 1080 betätigt, und der damit geschlossene Haltekontakt 1088 des Relais bewirkt, daß der Motor 1062 fortlaufend in Gang bleibt. D.h., daß das Fließband 1000 kontinuierlich weiterläuft, bis ein Stop-Druckschalter 1090 niedergedrückt wird, der dabei den Haltestromkreis mit den Haltekontakten 1088 öffnet und das Relais 1082 stromlos macht.

Selbstverständlich kann auch jeder andere geeignete Antrieb für den fortlaufenden Betrieb des Fließbandes 1000 während des Arbeitsbetriebes Verwendung finden.

Falls das Anfahren und präzise Stillsetzen eines normalen Förderbandes in 2,5 cm-Intervallen Schwierigkeiten bereiten sollte, kann die Programmierung auch unter Verwendung eines besonders leichten Bandes, das lediglich mit einer leichten Attrappe der betreffenden Werkstücke beladen ist, durchgeführt werden.

Auch ist es möglich, die Programme für mehrere separate Manipulatoren, die z.B. verschiedene Serien von Schweißvorgängen an einer Kraftfahrzeugkarosserie zu verrichten haben, in einer separaten Programmierstation herzustellen, in welcher dann beispielsweise der Bandantrieb nach Fig. 9 Verwendung findet, gegebenenfalls in Verbindung mit einem Band besonders geringen Gewichtes, das lediglich mit einer leichten Attrappe der jeweiligen Werkstücke beladen wird. Die Programme der mit den einzelnen Manipulatoren durchzuführenden Arbeitsabläufe können dann nacheinander in dieser Station unter schrittweiser Bewegung des Bandes hergestellt werden. Die so erzeugten Programme können separat auf irgendwelchen geeigneten Speichermitteln gespeichert werden, um zu gegebener Zeit in den einzelnen Manipulatoren entlang des eigentlichen Fließbandes Verwendung zu finden. Auch kann jeder einzelne dieser Manipulatoren zur Programmierung in die Programmierstation gebracht werden, um danach wieder an dem Fließband Aufstellung zu finden. Es ist dann lediglich erforderlich, den Anschlagträger 1020 gegebenenfalls erneut in bezug auf den Manipulator einzustellen.

Es sei nun weiter anhand der Fig. 2 die Art und Weise betrachtet, in welcher der Manipulator 1004 nach dem oben beschriebenen Quasi-Durchlauf-Modus programmiert wird. In dieser Figur ist eine Serie von Manipulatorarmpositionen gegenüber einer schrägliegenden Leiste 1092 der Karosserie 1002 dargestellt. Die Karosserie soll sich dabei in Richtung des Pfeils 1094 bewegen, der gegenüber die Leiste 1092 geneigt ist. Diejenigen Stellen der Leiste 1092, an denen Punktschweißungen vorgenommen werden sollen, sind mit den Markierungen 1096 und 1098 bezeichnet. Sie liegen entlang der Leiste mehrere dm auseinander und können durch Kreidekreuze gekennzeichnet sein. Als Hilfe für die Programmierung

des Manipulatorarmes ist die Entfernung zwischen den Schweißstellen 1096 und 1098 durch punktförmige Kreidemarkierungen 1100 in eine Anzahl im wesentlichen gleicher Strecken unterteilt.

Die Schweißelektroden 1030 und 1032 am Manipulatorarm werden, wie aus Fig. 2 ersichtlich, zunächst in eine Position 1101 außerhalb der Bahn der Karosserie 1002 gebracht, die als erster Programmschritt zusammen mit einem WX-Signal gespeichert werden. Die Karosserie hingegen wird in eine Stellung gebracht, in welcher der Anschlag 1008 gerade beginnt, das Lagerstück 1014 von dem Anschlag 1018 weg mit sich zu führen. Die betreffende Stellung der Leiste 1092 ist in Fig. 2 ganz rechts gezeichnet. Anschließend wird das Fließband 1000 um eine Strecke von 2,5 cm vorwärts gerückt, bei der die Leiste 1092 die Position 1102 einnimmt, während der Manipulatorarm durch Betätigung der Instruktionseingabemittel 1050 auf die vorbeschriebene Weise in die Position 1104 geführt wird. In dieser Position befinden sich die Schweißelektroden 1030 und 1032 unmittelbar über der Schweißstelle 1098, weshalb nun der Schweißsteuerschalter 1058 geschlossen wird. Ebenso wird der Bandsynchronisierschalter 1060 geschlossen, so daß der zweite Programmschritt neben einem Schweißsignal auch ein Bandsynchronisiersignal aufweist, abgesehen von den Positionssignalen aus den fünf Codierern für die fünf Steuerkoordinaten des Manipulators und dem Ausgang des Fließbandcodierers 1028. Nachdem diese Information als der zweite Programmschritt gespeichert ist, wird das Band 1000 wiederum um 2,5 cm weiterbewegt in die Position 1106. Da bei der Position 1104 ein Schweißsignal eingegeben wurde, ist es erforderlich, den Manipulatorarm nun so zu programmieren, daß er sich während der Dauer des Anliegens der Schweißelektroden 1030 und 1032 synchron mit der Bewegung des Fließbandes bewegt. Mit anderen Worten: der Manipulatorarm darf sich vorerst lediglich in Richtung des Pfeiles 1094 bewegen. Zu

diesem Zweck wird er nunmehr in die Position 1108 gebracht, die als der dritte Programmschritt aufgezeichnet wird. An diesem Punkt kann der Schweißsteuerschalter 1058 wieder geöffnet werden, da die Schweißsteuerschaltung, sofern einmal in Betrieb gesetzt, einen Schweißvorgang unabhängig von einem Steuersignal aus dem Manipulator 1004 zu Ende führt. Der Bandsynchronisierschalter 1060 bleibt jedoch noch geschlossen, um im Arbeitsbetrieb die oben beschriebene Selbstkorrektur der Manipulatorarmbewegung in bezug auf die Bewegung des Fließbandes 1000 zu ermöglichen.

Nach Einspeicherung des dritten Programmschritts wird das Fließband in die nächste Position gebracht, in welcher die Leiste 1092 die Position 1110 einnimmt. Der Manipulatorarm wird dann in die Position 1112 geführt, die als der vierte Programmschritt aufgezeichnet ist. Anschließend wird durch erneuten Vorschub des Bandes die Leiste 1092 in die Position 1014 gebracht, in welcher der Manipulatorarm in die Position 1016 geführt wird, die als der fünfte Programmschritt festgehalten wird. Die Manipulatorarmbewegung wird über eine solche Strecke des Bandvorschubes derart programmiert, daß sie der Bandbewegung folgt, wie anzunehmen ist, daß der Schweißvorgang andauert. In dem gezeigten Beispiel ist angenommen, daß sich das Band 1000 im Arbeitsbetrieb mit einer Geschwindigkeit von 10 cm/s bewegt und die Schweißelektroden während 0,6 s geschlossen bleiben. Das bedeutet, daß das Band unterdessen eine Strecke von 6 cm zurücklegt, d. h. bis zu einer Position der Leiste 1092, die in Fig. 2 mit dem Punkt 1118 angegeben ist. Der Programmierer braucht also lediglich im Kopf zu behalten, daß drei Vorschubsschritte des Fließbandes ausreichen, um sicherzustellen, daß der Manipulatorarm sich während des gesamten Schweißvorganges in Gleichlauf mit dem Band bewegt.

Da der Schweißvorgang beendet ist, wenn die Leiste 1092

die Position 1014 erreicht, kann der Manipulatorarm nunmehr so programmiert werden, daß er sich auf die nächste Schweißstelle, 1096, zubewegt. Wenn also nun die Leiste mit dem Band in die Position 1120 gebracht wird, kann der Manipulatorarm in die Position 1122 geführt werden, in welcher die Schweißelektroden sich über der ersten der erwähnten Kreidemarkierungen 1100 befinden. Diese Manipulatorarmposition wird wiederum aufgezeichnet als der sechste Programmschritt.

Der Bandsynchronisierschalter 1060 bleibt während der gesamten derartigen Programmierung des Manipulatorarmes, bei welcher dieser eine gewünschte Bahn gegenüber der Karosserie beschreibt, geschlossen. So nimmt die Leiste 1092 mit dem Fließband nacheinander die Positionen 1024, 1026 und 1028 ein, während der Manipulatorarm entsprechend in die aufeinanderfolgenden Positionen 1130, 1132 und 1134 gebracht wird, die als weitere Programmschritte aufgezeichnet werden.

Bei der Einspeicherung der Manipulatorarmposition 1134 wird wiederum durch Betätigung des Schalters 1058 ein Schweißsignal aufgegeben, so daß eine weitere Punktschweißung an der Stelle 1096 der Leiste 1092 zustande kommt. In den anschließenden drei Positionen der Leiste wird der Manipulatorarm dann wiederum derart programmiert, daß seine Bewegung der Richtung des Pfeiles 1094 folgt, wie dies bei den Positionen 1100, 1112 und 1116 der Fall war, um während der Dauer des Schweißvorganges keine Relativbewegung der Schweißelektroden gegenüber der Leiste 1092 herbeizuführen.

Während des Arbeitsbetriebes wird das Fließband 1000 kontinuierlich mit einer bestimmten Geschwindigkeit angetrieben. Daraus folgen die Schweißelektroden aufgrund der vorausgehend beschriebenen Programmierweise einer vorbestimmten

Bahn in bezug auf die Karosserie 1002, wobei sie die gewünschte Folge von Punktschweißungen ausführen.

Es versteht sich, daß auf die angegebene Weise erhebliche kompliziertere Punktschweißarbeiten ausgeführt werden können als dies in Fig. 2 zugrunde gelegt wurde, beispielsweise solche entlang einer gekrümmten Bahn.

Aus Fig. 5 ist die Arbeitsweise des Manipulators im Arbeitsbetrieb genauer ersichtlich. Es sei angenommen, daß der Relaiswähler 374 den ersten der Schreib-Lese-Köpfe 350 angesteuert hat, der bei dieser Betriebsweise als Lesekopf Verwendung findet. Das Ausgangssignal dieses Kopfes gelangt an eine Gruppe von Steuerschaltkreisen, die in ihrer Gesamtheit mit 380 bezeichnet sind. Dabei finden die Wort- und Dauertaktspuren dazu Verwendung, den gewünschten Programmabschnitt und die einprogrammierten Informations-Bit entsprechend dem ersten aufgezeichneten Programmschritt auszuwählen. Diese Informations-Bits gelangen über eine Leitung 382 zu einem Leseverstärker 384, von wo sie dem 80-Bit-Schieberegister 366 zugeführt werden. Nachdem die Information des ersten Programmschrittes in das Schieberegister 366 hineingeleSEN wurde, wird über eine Leitung 386 ein Signal an die Steuerschaltkreise 380 gegeben, die dieses durch Abgabe eines Steuersignals über eine Leitung 388 an eine zwischen dem 80-Bit-Schieberegister 366 und dem Pufferspeicherregister 392 für ebensoviele Bits liegende Parallelübertragungsschaltung 390 beantworten. Diese letztere bewirkt die Übertragung der 80 Informations-Bits in Parallelform in das Pufferspeicherregister 392, worin sie so lange gespeichert werden, bis der Arm die durch die darin gespeicherten Positionssignale vorgegebene Position erreicht hat. Die in dem Register 392 gespeicherten Positionssignale, welche die gewünschten Endpunkte der einzelnen Programmschritte in einer jeden der fünf Steuerkoordinaten wie auch die zugehörige Position des Fließbandes 1000 bezeichnen, werden einem Multiplex-Vergleicher

zugeführt, der in seiner Gesamtheit mit 394 bezeichnet ist und in dem die Codierer-Ausgangssignale mit den digitalen Steuersignalen aus dem Register 392 verglichen werden, um ein digitales Abweichungssignal zu erhalten. Dieses letztere wird in ein analoges Spannungssignal umgewandelt, das nach Wiedervereinzelung (demultiplexing) als Richtungs- und Entfernungssignal gespeichert wird. Die gespeicherten Signale werden den einzelnen Servoventilen für eine jede Steuerkoordinate zugeführt. Diese Ventile bewirken danach, daß über die zugehörigen Antriebszylinder die betreffenden Codierer so bewegt werden, daß sich das Abweichungssignal verringert, bis es 0 oder einen anderen vorgegebenen Minimalwert für jede Koordinate erreicht.

Während diese Bewegung stattfindet, geht der Relaiswähler 374 auf den nächsten Kopf 350 über, worauf die Information des zweiten Programmschrittes in das Schieberegister 366 hineingelesen wird. Ist vollkommene Koinzidenz für alle fünf Steuerkoordinaten erreicht, so gelangt über die Leitung 396 ein Signal zu dem Schrittwechselsteuerschaltkreis 1140. Wurde zu diesem Programmschritt kein Bandsynchronisiersignal aufgegeben, so gelangt dieses Koinzidenzsignal über die Schaltung 1140 zu den Steuerschaltkreisen 380, die daraufhin über die Leitung 388 ein Steuersignal an die Parallelübertragungsschaltung 390 abgeben. Diese letztere überträgt daraufhin die 80 Informations-Bits aus dem Schieberegister 366 in das Pufferspeicherregister 392. Die auf diese Weise in dem Register 392 gespeicherte Information stellt die neuen Steuersignale für die Servoventile einer jeden Steuerkoordinate dar. Gleichzeitig geht der Relaiswähler 374 auf den nächsten Kopf 350 über, worauf die Information des dritten Programmschrittes in das Schieberegister 366 eingelesen wird.

Wurde mit dem ersten Schritt ein Bandsynchronisiersignal

einprogrammiert, so gelangt dieses aus dem Register 392 über die Leitung 1142 zu dem Schrittwechselsteuerschaltkreis 1140, der auf dieses Signal und ein weiteres, das ihn über die Leitung 1146 aus dem Digital-Analog-Umsetzer am Vergleicher 394 zugeht, durch Erzeugung eines Schrittwechselsignals antwortet, wenn das Ausgangssignal aus dem Fließbandcodierer 1028 einen Wert erreicht, der annähernd dem einprogrammierten Bandsteuersignal entsprechend einer der Programmpositionen 1102, 1106, 1110 usw. aus Fig. 2 entspricht. Dieses Schrittwechselsignal wird den Steuerschaltkreisen 380 zugeführt, die daraufhin zu dem nächsten Programmschritt übergehen.

Wie nachfolgend noch genauer beschrieben wird, wird das Schrittwechselsignal vorzugsweise noch vor Erreichen einer vollständigen Koinzidenz des Signals aus dem Fließbandcodierer 1028 und dem Bandsteuersignal erzeugt, so daß für die gesteuerte Koordinate des Manipulators noch ein beträchtliches Abweichungssignal auftritt, wenn der Übergang zu dem nächsten Programmschritt erfolgt. Auf diese Weise erhalten die Servoventile für den Antrieb des Manipulatorarmes beständig wechselnde Geschwindigkeitssignale, die eine resultierende Bewegung in Synchronismus mit dem fortlaufend bewegten Fließband 1000 zur Folge haben.

So wird die Schweißpistole 1029 aufeinanderfolgend in die verschiedenen während des Instruktionsvorganges in den Trommelspeicher einprogrammierten Positionen gebracht. Wird ein Programmschritt angetroffen, der ein Programmend-Bit enthält, so wird die betreffende Information über die Leitung 398 den Steuerschaltkreisen 380 mitgeteilt, die daraufhin den Relaiswähler 374 in die Position für den ersten Programmschritt zurückstellen und ebenso weitere Hilfsfunktionen ausführen, die erforderlich sind, um den Ablauf des eingespeicherten Programms zu wiederholen.

Tritt ein Programmschritt auf, der ein Schweißsignal enthält, so wird dieses aus dem Register 392 über eine Leitung 1148 einem Schweißsteuerschaltkreis 1150 mitgeteilt, der daraufhin ein Schweißstartsignal erzeugt. Dieses gelangt über eine Leitung 1052 zu den elektrischen Steuerschaltkreisen in Verbindung mit der Schweißpistole 1029, die bewirken, daß die Elektroden 1030 und 1032 gegeneinanderfahren und ein Schweißvorgang ausgelöst wird.

In Fig. 6 ist der Multiplex-Vergleicher aus Fig. 5 mit den zugehörigen Schaltkreisen genauer dargestellt. Mit diesem werden die Codiererausgangssignale und die Trommelsteuersignale für die einzelnen Steuerkoordinaten und die Bewegung des Bandes 1000 aufeinanderfolgend verglichen. Dabei findet nur ein einziger Digital-Analog-Umsetzer Verwendung, dessen Ausgangssignal aufeinanderfolgend den Richtungs- und Entfernungssteuerschaltkreisen für eine jede Koordinate und dem Schrittwechselsteuerschaltkreis 1140 zugeführt wird. Genauer gesagt werden die Ausgangssignale aus den fünf Codierern 310, 324, 314, 322 und 326 (Fig. 5) sowie das Ausgangssignal aus dem Fließband-Codierer 1028 den sechs Eingängen eines vielstufigen Multiplexschalters zugeführt, der generell mit 416 bezeichnet ist. Dieser Schalter 416 läuft kontinuierlich um, so daß die Ausgangssignale der sechs Codierer der Reihe nach über eine gemeinsame Leitung 418 am Ausgang des Schalters dem Eingang eines Gray-Code/Binärcode-Umsetzers 420 zugeführt werden. Das Ausgangssignal dieses Umsetzers gelangt an einen Vergleicher, der allgemein mit 422 bezeichnet ist.

Die aus dem Pufferspeicherregister 392 erhaltenen Ausgangssignale für die fünf Steuerkoordinaten und das Bandsteuersignal werden den sechs Eingängen eines mehrstufigen Multiplexschalters 446 zugeführt, der synchron mit dem Schal-

ter 416 angetrieben wird. So werden die einzelnen Steuersignale nacheinander über die gemeinsame Leitung 448 vom Ausgang des Schalters 446 dem Eingang eines Gray-Code/Binärkode-Umsetzers 450 zugeführt, dessen Ausgangssignal an den anderen Eingang des Vergleichers 422 gelangt.

Der Vergleicher 422 hat die binären Ausgangssignale der Codierer mit den binären Steuersignalen nacheinander für eine jede Koordinate zu vergleichen und aufgrund dieses Vergleiches ein binäres Abweichungssignal zu bilden. Es ist jedoch weiterhin erforderlich, die Richtung festzulegen, in welcher eine Bewegung in der jeweiligen Koordinate erfolgen muß, um die Abweichung zu verringern. Zu diesem Zweck führt der Vergleicher 422 eine Subtraktion durch komplementäre Addition durch, bei welcher auf den Ausgängen S1 - S13 ein 13-Digit-Abweichungssignal und zusätzlich ein Endübertragssignal auf der Leitung 454 entsteht, das die erforderliche Bewegungsrichtung angibt.

Die Ausgangssignale auf den Leitungen S1 - S13 ändern sich, solange die Multiplexschalter 416 und 446 in Verbindung mit ihren Eingängen für eine bestimmte Steuerkoordinate herstellen, da sich das Codiererausgangssignal beständig mit der Armbewegung in der gesteuerten Koordinate ändert. Des Weiteren ändern sich die Signale auf den Leitungen S1 - S13 und auf der Leitung 454 für den Endübertrag, wenn die Multiplexschalter zu einer neuen Koordinate übergehen. Die Multiplexschalter 416 und 446 sind vorzugsweise von derjenigen Art, die den Kontakt mit einer bestimmten Kontaktgruppe eine bestimmte Zeit hindurch aufrechterhält und dann plötzlich zu der nächsten Kontaktgruppe übergeht. An die Stelle mechanischer Schalter können selbstverständlich auch entsprechende elektronische Schalter treten.

Die gesamte Kontaktzeit der Multiplexschalter 416 und 446, d. h. diejenige Zeit, in welcher alle sechs Signale dem

Vergleicher 422 zugeführt werden, liegt vorzugsweise in der Größenordnung von 1,2 ms, so daß für die Übertragung jedes einzelnen Signals etwa 0,2 ms zur Verfügung stehen. Das 13-Digit-Abweichungssignal gelangt von dem Vergleicher 422 zu dem Digital-Analog-Umsetzer 456, worin es in ein entsprechendes Analogsignal umgewandelt wird. Da das Ausgangssignal des Vergleichers sich beständig ändert, wenn die Multiplexschalter zu einer anderen Koordinate bzw. den Signalen des Fließbandes übergehen, ändert sich auch das Ausgangssignal des Digital-Analog-Umsetzers 456 jeweils entsprechend. Jedoch wird das auf der Ausgangsleitung 458 des Digital-Analog-Umsetzers 456 erscheinende Ausgangssignal mittels eines weiteren Multiplex-Schalters, 460, der Reihe nach auf sechs Ausgangskontakte des Schalters entsprechend den fünf Steuerkoordinaten und der Bandsynchronisierungssteuerung gegeben. Zusätzlich erscheint auf der Leitung 457 ein positives oder auf der Leitung 459 ein negatives Richtungssignal, das ebenfalls durch den Multiplexschalter 460 den Schaltkreisen der betreffenden Koordinaten zugeleitet wird.

Genauer gesagt, sind die Richtungs- und Entfernungssteuerkreise 1154 mit fünf Ausgängen des Multiplexschalters 460 verbunden, während der oben in Fig. 6 erscheinende Schrittwechselsteuerschaltkreis 1140 mit dem sechsten Ausgang über die Leitung 1146 in Verbindung steht. Ein Speicherkondensator 473 liegt zwischen der Leitung A und Masse, so daß an diesem Kondensator eine Spannung entsteht, deren Größe dem Abweichungssignal entspricht, wenn der Vergleicher 422 die Codiererausgangssignale und Steuersignale einer der Steuerkoordinaten empfängt. Diese Spannung entspricht derjenigen Strecke, um die sich der Manipulatorarm in der betreffenden Koordinate bewegen muß, um den gewünschten Endpunkt zu erreichen. Die in den Richtungs- und Entfernungssteuerkreisen 1154 gespeicherten Richtungs- und Entfernungssignale werden den einzelnen Servoventilen für eine je-

de der fünf Steuerkoordinaten zugeführt, wodurch diese Ventile der Reihe nach die zugehörigen hydraulischen Antriebszylinder des Manipulatorarmes betätigen derart, daß das Abweichungssignal verringert und die Schweißpistole 1029 in ihre gewünschte Position gebracht wird.

Obgleich es nach der Figur den Anschein hat, daß der Multiplexschalter 460 von dem gleichen Antrieb gesteuert wird, der auch für die Multiplexschalter 416 und 446 zuständig ist, ist der Schalter 460 bei elektronischer Ausführung vorzugsweise so beschaffen, daß lediglich während der letzten Hälfte eines jeden Multiplex-Intervalls eine Übertragung stattfindet.

Wenn alle Digits des binären Abweichungssignals bis hinunter zum geringstwertigen Digit auf der Leitung S1 zu 0 werden, erscheint kein positives bzw. negatives Signal auf den Leitungen 457 und 459. Demzufolge wird in einem jeden der Steuerkreise 1154 ein Signal erzeugt, das die Vollendung der vorgegebenen Bewegung in der betreffenden Koordinate angibt. Diese Endsignale werden über getrennte Leitungen zu einer Gruppe von sog. Genauigkeits-Steuerschaltkreisen 492 übertragen. Treten Endsignale zugleich auf sämtlichen dieser Leitungen auf, so erscheint auf der Ausgangsleitung 396 ein sog. vollkommenes Koinzidenzsignal, das zu dem Schrittwechselsteuerschaltkreis 1140 gelangt. Zusätzlich werden zwei andere Genauigkeits-Steuersignale in dem Digital-Analog-Umsetzer 456 erzeugt, die über Leitungen 494 und 496 zu den Genauigkeits-Steuerschaltkreisen 492 fließen, so daß insgesamt drei verschiedene Genauigkeitssteuersignale zur Verfügung stehen.

Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist ein Alarmschaltkreis 1156 vorgesehen, der das gesamte Abweichungssignal aus dem Digital-Analog-Umsetzer 456 empfängt und daraus an seinem Ausgang 1158 ein Alarmsignal zu

erzeugen vermag. Desweiteren kann der Alarmschaltkreis die hydraulischen Antriebszylinder 1054 des Manipulatorarmes außer Tätigkeit setzen und über eine Leitung 1160 ein Steuersignal an den Hauptbandantriebsschaltkreis senden, um das Fließband stillzusetzen, wie genauer noch in Verbindung mit Fig. 7 beschrieben wird.

Vor einer genaueren Betrachtung des Schrittwechselsteuerschaltkreises 1140 sei daran erinnert, daß ein Band synchronisiersignal in Verbindung mit all denjenigen Programmschritten aufgegeben wird, bei denen die Steuerung mittels des Ausgangssignals aus dem Fließbandcodierer 1028 anstelle eines der drei auf der Leitung 396 erscheinenden Koinzidenzsignale entsprechend den durch den Schalter 385 wählbaren Genauigkeiten erfolgen soll. Das auf der Leitung 1146 während des sechsten Multiplex-Intervalls erscheinende Signal entspricht dem analogen Abweichungssignal aus einem Vergleich des Bandcodierer-Ausgangssignals und dem zugehörigen Steuersignal aus dem Register 392 und wird in einem Kondensator 1162 gespeichert. Dieses gespeicherte Abweichungssignal wird als Eingangssignal auf einen Schmidt-Trigger 1164 gegeben, dessen anderer Eingang mit dem Abgriff eines zwischen Masse und +6V liegenden Potentiometers 1166 verbunden ist. Wenn die Amplitude des Abweichungssignals an dem Kondensator 1162 kleiner als die an dem Potentiometer 1166 abgegriffene Spannung wird, liefert der Schmidt-Trigger 1164 infolgedessen ein Ausgangssignal, das auf den einen Eingang eines UND-Gatters 1168 gelangt.

Nimmt man an, daß der betrachtete Programmschritt von einem Bandsynchronisiersignal begleitet ist, das anzeigt, daß die jeweilige Bandposition für die Weiterschaltung des Trommelspeichers 300 auf den nächsten Programmschritt maßgebend sein soll, so erscheint auf der Leitung 1142 ein

Signal, das an den zweiten Eingang des UND-Gatters 1168 gelangt. Wenn nun der Schmidt-Trigger 1164 ein Aufsteuer-Signal an den ersten Eingang des UND-Gatters 1168 gibt, erscheint an diesem ein Ausgangssignal, das über ein ODER-Gatter 1170 einem Haupt-UND-Gatter 780 zufließt. Dieses letztere kann eine Reihe weiterer Signale erhalten, wie z.B. Abwärts-Signale für ein äußeres Ereignis und andere Vormerk-Signale. Wenn alle diese Signale eintreffen, erscheint an dem UND-Gatter 780 ein Ausgangssignal, das über einen Selbstschrittschalter 782 den Trommel-Steuerschaltkreisen 380 zugeleitet wird, um den Trommelspeicher auf den nächsten Programmschritt weiterzuschalten.

Das Potentiometer 1166 kann so eingestellt werden, daß es den Punkt bestimmt, an dem ein Übergang zum nächsten Programmschritt erfolgt. Beispielsweise kann dieses Potentiometer so eingestellt werden, daß ein Übergang zum nächsten Programmschritt bereits erfolgt, wenn die tatsächliche Bandposition noch 6,5 mm von der für vollkommene Koinzidenz erforderlichen Bandposition entfernt ist, die von dem einprogrammierten Bandsteuer-Signal angegeben wird. In diesem Fall findet also der Übergang zum nächsten Programmschritt bereits statt, während noch ein beträchtliches Abweichungssignal in den fünf Steuerkoordinaten des Manipulators existiert, so daß der Manipulatorarm nie vollkommen die für jeden Programmschritt einprogrammierten Positionen erreicht. Dann erhalten die Servoventile der einzelnen Koordinaten beständig ein Abweichungssignal wechselnder Größe. Die Einstellung des Potentiometers 1166 kann in Abhängigkeit von einer bestimmten Bandantriebsgeschwindigkeit erfolgen, um dennoch eine im wesentlichen synchrone Bewegung der Schweißpistole 1029 mit dem Band zu erreichen. Weiterhin ist es möglich, verschiedene Bandgeschwindigkeiten von vorneherein mit bestimmten Einstellungen des Potentiometers 1166 zu kuppeln, um für jede eine gewünschte quasi-synchrone Bewegung des Manipulatorarmes

zu erzielen.

Für den Fall, daß die Bandgeschwindigkeit nicht konstant ist, beispielsweise wenn ein übermäßiges Spiel zwischen den einzelnen Bandgliedern eine ungleichförmige Bewegung der Werkstücke hervorruft, kann eine Kompensation durch Veränderung der an dem Potentiometer 1166 anliegenden Spannung erreicht werden. Zu diesem Zweck kann das Potentiometer 1166 beispielsweise in Reihe mit einem Tachogenerator an die 6 V-Spannungsquelle gelegt werden. Der Tachogenerator mag seinen Antrieb von der gleichen Welle 1027 erhalten wie der Bandcodierer 1028 und eine kleine Spannung von beispielsweise 1 V liefern, wenn sich das Band mit der gewünschten Geschwindigkeit bewegt. Diese Spannung addiert sich zu derjenigen aus der 6 V-Spannungsquelle, und das Potentiometer 1166 kann entsprechend eingestellt werden, um wiederum an dem gewünschten Punkt den Schrittwechsel herbeizuführen. Wenn sich nun die Geschwindigkeit des Bandes ändert, ändert sich auch die Spannung an dem Tachogenerator entsprechend, ebenso wie die an dem Potentiometer abgegriffene Spannung, so daß die gewünschte Abhängigkeit des Programmschrittwechsels von der Bandbewegung erhalten bleibt.

Gehört zu einem bestimmten Programmschritt kein Bandsynchronisiersignal, so liefert der Schrittwechselsteuerschaltkreis 1140 ein vollkommenes Koinzidenzsignal nur dann, wenn die Bewegung in allen fünf Steuerkoordinaten bis zu der gewünschten Positionsgenauigkeit erfolgt ist. Noch genauer: Tritt kein Signal auf auf der Leitung 1142, so wird das UND-Gatter 1168 nicht leitend, während jedoch ein gleichfalls an die Leitung 1142 angeschlossener Inverter 1172 ein Signal an den einen Eingang eines UND-Gatters 1174 gibt. Der andere Eingang des UND-Gatters 1174 erhält ein Signal aus

den Genauigkeits-Steuerschaltkreisen 492 über ein ODER-Gatter 586. Wenn in allen fünf Steuerkoordinaten vollkommene Koinzidenz für die gewünschte Genauigkeit erreicht ist, wird deshalb auf der Leitung 396 ein Signal erzeugt, das über das UND-Gatter 1174 und das ODER-Gatter 1170 dem Haupt-UND-Gatter 780 zufließt, so daß in der üblichen Weise ein Programmschrittwechsel erfolgt. Auf diese Weise können große Bewegungen des Manipulatorarmes mit einem Minimum von Programmschritten erzielt werden, beispielsweise wenn der Manipulatorarm nach Abschluß einer Schweißarbeit in seine Ausgangsposition 1101 nach Fig. 2 zurückkehren soll.

Nachfolgend sei nun der Schweißsteuerschaltkreis 1150 anhand der Fig. 7 betrachtet. Man erinnert sich, daß ein Schweißsignal über die Leitung 1148 von dem Register 392 stets dann eintrifft, wenn bei dem betreffenden Programmschritt eine Punktschweißung an der Karosserie 1002 erfolgen soll. Es darf jedoch keine solche Punktschweißung ausgelöst werden, bevor der Manipulatorarm die durch die Steuersignale in Verbindung mit dem Schweißsignal angegebene Position erreicht hat. Andererseits benötigen die Schweißelektroden 1030 und 1032 eine bestimmte Zeit, um sich zu schließen, nachdem das Schweißsignal eingetroffen ist.

Es könnte zwar jede Position, bei der eine Schweißung stattfinden soll, etwa durch einen doppelten Programmschritt in Verbindung mit einem Schweißsignal angezeigt werden, jedoch würde eine solche Maßnahme eine beträchtliche Zahl zusätzlicher Programmschritte erfordern. Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung wird daher kein Schweißsignal erzeugt, bevor nicht aus dem Schrittwechselsteuerschaltkreis 1140 ein Schrittwechselsignal erhalten wurde, das frühestens kurz vor der vollkommenen Koinzidenz zwischen dem Bandcodierer-Ausgangssignal und dem Bandsteuersignal auftritt.

Genauer gesagt wird das Ausgangssignal des UND-Gatters 1168 in dem Schrittwechselsteuerschaltkreis 1140 über eine Leitung 1176 einem Eingang eines weiteren UND-Gatters, 1178, zugeführt, dessen anderer Eingang über die Leitung 1148 das Schweißsignal aus dem Register 392 erhält. Ist das Fließband beinahe in einer Position, an welcher eine Schweißung erfolgen soll, beispielsweise der Position 1128 in Fig. 2, so liefert daher das UND-Gatter 1178 ein Ausgangssignal, das, in einem Relaisansteuerverstärker 1180 verstärkt, ein Schweißsignalrelais 1182 erregt, wodurch dessen normalerweise offene Schaltkontakte 1184 und 1186 geschlossen werden. Durch das Schließen des Kontakts 1186 erhält das Steuerrelais der Schweißpistole 1029 ein Steuersignal, wodurch die Elektroden 1030 und 1032 gegeneinanderfahren. Über den Kontakt 1184 und einen Kontakt 1188, der durch die Bewegung der Schweißelektrode 1032 gesteuert wird, kommt ein Haltestromkreis zustande. Der Kontakt 1188 schließt sich, sobald die Schweißelektroden auf das Werkstück auftreffen und öffnet sich erst, wenn ein Schweißvorgang beendet ist und die Elektroden auseinanderfahren. Daher bleibt das Schweißsignalrelais 1182 aufgrund des mit einem bestimmten Programmschritt einprogrammierten Schweißsignals erregt, obgleich die tatsächliche Schweißzeit über mehrere Programmschritte hinweg andauert. Sobald der Schweißvorgang beendet und die Elektrode 1032 in ihre Ausgangsstellung zurückgekehrt ist, öffnet sich der Kontakt 1188, wodurch der Haltestromkreis für das Relais 1182 unterbrochen wird und das Relais abfällt.

Betrachtet man nun den Alarmschaltkreis 1156, der ebenfalls in Fig. 7 genauer dargestellt ist, so erinnert man sich, daß dieser Schaltkreis zur Abschaltung des Fließbandes und Erzeugung eines Alarmsignals vorgesehen ist für den Fall, daß der Manipulatorarm und das Fließband erheblich aus dem Synchronismus geraten. Zusätzlich kann der Alarmschaltkreis 1156 dazu dienen, die hydraulischen Antriebszylinder

des Manipulatorarmes stillzusetzen, so daß der Manipulatorarm antriebslos wird für den Fall, daß die Schweißelektroden 1030 und 1032 gerade geschlossen sind oder dem Werkstück im Wege stehen, und mit dem auslaufenden Fließband mitgeführt werden kann. Wenn andererseits der Antrieb des Manipulatorarmes aus irgendeinem Grund unterbrochen wird, so daß dieser Arm stehenbleibt, während das Fließband weiterläuft, bewirkt der Alarmschaltkreis 1156 ebenfalls eine Stillsetzung des Bandes bevor ein wesentlicher Schaden an dem Manipulator oder dem Fließband bzw. den darauf befindlichen Werkstücken entstehen kann.

Im einzelnen werden die Ausgangssignale des Vergleichers 422, die den beiden niedrigstwertigen Digits entsprechen, über ein ODER-Gatter 500 dem einen Eingang des Alarmschaltkreises 1156 zugeführt, dessen anderer Eingang ein an einem Ableitungswiderstand 594 des Digital-Analog-Umsetzers 456 erzeugtes Signal erhält. Diese Signale können mit einem Bezugssignal verglichen werden, um jedesmal dann ein Signal zu erzeugen, wenn das Abweichungssignal eine bestimmte Größe überschreitet. Auf diese Weise wird auf einer Leitung 842 eine Spannung erzeugt, die über einen Summierungswiderstand 1200 dem Eingang eines Spannungskreuzungsdetektors oder modifizierten Schmidt-Triggers mit den Transistoren 1202 und 1204 zugeführt wird, wobei der Widerstand 1200 mit der Basis des Transistors 1202 verbunden ist. Auf ähnliche Weise ist der Ausgang 604 des Ableitungsnetzwerks aus den Widerständen 590, 592, 594 etc. über einen Summierungswiderstand 1206 mit der Basis des Transistors 1202 verbunden. Weiterhin steht mit der Basis dieses Transistors noch der Abgriff eines zwischen Masse und + 6 V liegenden Potentiometers 1208 über einen Summierungswiderstand 1210 in Verbindung. Die Emitter der Transistoren 1202 und 1204 liegen über einen gemeinsamen Widerstand 1212 an positiver

Spannung, während die Kollektoren über Widerstände mit dem negativen Pol der Spannungsquelle verbunden sind.

Die Summierungswiderstände 1200, 1206 und 1210 bilden die algebraische Summe der auf den Leitungen 842 und 604 sowie von dem Potentiometer 1208 ein treffenden Spannungssignale. Die Spannungssignale von den Leitungen 842 und 604 bilden in analoger Form die Differenz zwischen der programmierten Position des Manipulatorarmes in allen fünf Steuerkoordinaten und der zugehörigen Position des Fließbandes 1000 einerseits sowie der jeweiligen tatsächlichen Position des Manipulatorarmes und des Fließbandes andererseits. Wenn der Abgriff des Potentiometers 1208 in irgend einer gewünschten Weise eingestellt wird, liefert daher der Detektor aus den Transistoren 1202 und 1204 ein Ausgangssignal jedesmal dann, wenn die festgestellte Spannungsdifferenz - das Abweichungssignal - einen durch die Einstellung des Potentiometers 1208 vorgegebenen Wert überschreitet. Da der Manipulatorarm normalerweise für verhältnismäßig kurze aufeinanderfolgende Wegstücke programmiert wird entsprechend den 2,5 cm langen Vorschubbewegungen des Fließbandes während der Programmierung, wird bei normalen Arbeitsbedingungen niemals ein großes Abweichungssignal entstehen. Demgemäß kann das Potentiometer 1208 beispielsweise entsprechend einem maximalen Abweichungssignal in jeder Steuerkoordinate für beispielsweise 20 bis 25 cm eingestellt werden. Erreicht das Abweichungssignal einmal diesen Wert, so liefert der aus den Transistoren 1202 und 1204 gebildete Detektor ein Ausgangssignal, das an den einen Eingang eines UND-Gatters 1214 gelangt. Der andere Eingang dieses UND-Gatters erhält über die Leitung 1142 das Bandsynchronisiersignal aus dem Register 392. Demzufolge tritt an dem UND-Gatter 1214 kein Ausgangssignal auf, wenn nicht ein Bandsynchronisiersignal auftritt. Das bedeutet, daß der Alarmschaltkreis 1156 keinen Alarm zu erzeugen und das Fließband

nicht stillzusetzen vermag, solange ein Bandsynchronisier-  
signal nicht auftritt, d. h. solange der Manipulatorarm  
sich aufgrund eines einzigen Befehls über größere Entfer-  
nungen bewegt, wie z. B. dann, wenn er nach Abschluß einer  
Schweißarbeit in seine Ausgangsstellung zurückfährt.

Tritt hingegen ein Bandsynchronisiersignal auf/Leitung 1142 auf, was bedeutet, daß die Bewegung des Manipulatorar-  
mes eng mit derjenigen des Fließbandes 1000 gekuppelt sein soll, so entsteht an dem UND-Gatter 1214 ein Ausgangssignal,  
sobald der durch die Einstellung des Potentiometers 1204 vor-  
gegebene Schwellwert des Abweichungssignals überschritten  
wird. Das Ausgangssignal des UND-Gatters 1214 gelangt in ein  
Flip-Flop 1216, das damit zum Kippen gebracht wird und über  
einen Relaisansteuerverstärker 1218 ein Alarmrelais 1220 be-  
tätigt. Das Alarmrelais 1220 steht normalerweise unter Strom,  
wobei sein Schaltkontakt 1222 geöffnet ist. Wenn jedoch ein  
zu großes Abweichungssignal auftritt und das Flip-Flop 1216  
zum Kippen bringt, fällt das Alarmrelais 1220 ab, und der  
Schaltkontakt 1222 schließt sich. Die Schließung dieses Kon-  
takts findet dazu Verwendung, den Bandantrieb abzuschalten,  
so daß das Band 1000 zum Stillstand kommt. Das Alarmrelais  
1220 kann durch Drücken eines Rückstellknopfes 1217 wieder  
in Bereitschaft gesetzt werden, indem das Flip-Flop 1216  
rückgestellt wird, nachdem die Störung beseitigt und damit  
das zu große Abweichungssignal verschwunden ist.

Der Alarmschaltkreis 1156 spricht indessen nicht nur auf  
ein zu großes Abweichungssignal für eine der fünf Steuerko-  
ordinaten des Manipulatorarmes an, sondern ebenso auch auf  
eine zu große Abweichung zwischen dem Bandsteuersignal und  
dem Ausgangssignal des Bandcodierers 1028. Dies ist deshalb  
der Fall, weil der Vergleicher 422 innerhalb jedes Multiplex-  
zyklus Signale aus allen sechs Codierern empfängt und daraus

Abweichungssignale an das Widerstandsnetzwerk liefert. Wenn z. B. die Antriebskette 1026 des Codierers 1028 bricht, während sich das Band 1000 weiterbewegt, entsteht sehr rasch ein sehr großes Abweichungssignal für den Bandvorschub, und ein daraus folgendes Alarmsignal führt zur Abschaltung des Bandes.

Da das Band jedoch verhältnismäßig lange Zeit benötigen wird, um zum Stillstand zu kommen, während sich der Manipulatorarm in einer Stellung befinden mag, in welcher er durch die Weiterbewegung des Bandes einen ernsthaften Schaden erleiden oder herbeiführen würde, ist das Alarmrelais 1220 in der Lage, sämtliche hydraulischen Antriebszylinder des Manipulatorarmes beim Eintreffen des Alarmsignals kraftlos zu machen. Damit wird der Manipulatorarm in die Lage versetzt, ungehindert der Bandbewegung zu folgen, während das Band ausläuft.

Zu diesem Zweck liegt ein Schaltkontakt 1224 des Alarmrelais in Reihe mit einer Gruppe untereinander parallel geschalteter Magnetventile 1226, 1228, 1230, 1232 und 1234, die bei Erregung einen Druckausgleich zwischen beiden Seiten der angeschlossenen Antriebszylinder herstellen, wodurch der jeweilige Kolben entlastet und der Manipulatorarm frei beweglich wird. Im einzelnen liegen ein Magnetventil 1226 für die Ausfahr-Einfahr-Bewegung, ein Magnetventil 1228 für die Auf-Ab-Bewegung, ein Magnetventil 1230 für die Schwenkbewegung um die vertikale Achse, ein Magnetventil 1232 für eine Beugebewegung des Armes und ein solches, 1234, für eine Drehbewegung um die Längsachse des Armes mit einander parallel an den Klemmen L1 und L2 einer Stromquelle.

Wie erwähnt, steht das Alarmrelais 1220 normalerweise unter Strom, so daß der Kontakt 1224 geschlossen ist. Wenn jedoch ein Alarmsignal auftritt, wodurch das Alarmrelais 1220

über das Flip-Flop 1216 stromlos wird, öffnet der Kontakt 1234, so daß auch alle oben erwähnten Magnetventile stromlos werden.

Wie aus Fig. 8 ersichtlich, sind diese Magnetventile so konstruiert, daß sie bei Stromloswerden einen Druckausgleich zwischen beiden Seiten des angeschlossenen Antriebszylinders herstellen, um es dem Kolben zu ermöglichen, zwanglos äußeren Kräften zu folgen. Da sie die letztgenannte Stellung im stromlosen Zustand einnehmen, arbeiten die Magnetventile fehlersicher für den Fall, daß ein Energieausfall eintritt.

Wenn der Bandantrieb selbst infolge Energieausfall aussetzt, wird kein weiteres Befehlssignal erzeugt, da dann das Ausgangssignal des Bandcodierers 1028 konstant bleibt und somit keine Koinzidenz mit dem Bandsteuersignal zustande kommt. Damit bewegt sich der Manipulatorarm einfach in diejenige Programmposition, die dem letzten Bandsteuersignal entspricht, und bleibt dann stehen. Da diese Bewegung zwangsläufig nur eine sehr kurze ist, kann hierdurch kein Schaden an dem Manipulator oder einem der Werkstücke eintreten.

In Fig. 8 sind die Servoventile mit ihren hydraulischen Antriebszylindern genauer dargestellt. Zunächst sei der Antrieb für die Schwenkbewegung des Manipulatorarmes um die vertikale Achse betrachtet: Die Kolben zweier Antriebszylinder 124 und 126 stehen miteinander über eine Zahnstange 122 in Verbindung, die mit einem Zahnrad 120 auf der Tragsäule 60 des Manipulatorarmes kämmt. Ein Servoventil 166 gestattet normalerweise die Druckmittelzufuhr aus einer geregelten Druckmittelquelle 1240 zu jedem der beiden Zylinder 124 und 126, um dem Manipulatorarm eine Schwenkbewegung in horizontaler Ebene zu erteilen. Das Magnetventil 1230 liegt zwischen

den Eingangsleitungen 168 und 170, die mit den äußeren Enden der Zylinder 124 und 126 verbunden sind. Wird das Magnetventil 1230 infolge Öffnens des Schaltkontakt 1224 stromlos, so werden die beiden Leitungen 168 und 170 über das Magnetventil kurzgeschlossen, womit auch eine hydraulische Verbindung zwischen den Arbeitsräumen der beiden Zylinder 124 und 126 hergestellt ist. Infolgedessen kann die Druckflüssigkeit freizügig zwischen den beiden Arbeitsräumen hin- und herfließen, sofern der Manipulatorarm in der betreffenden Koordinate einer äußeren Kraft unterzogen wird, beispielsweise indem seine Schweißpistole mit einem auf dem Fließband befindlichen Werkstück in Eingriff steht.

Der Antriebszylinder 90 für die Drehbewegung und der Antriebszylinder 100 für die Beugebewegung werden in entsprechender Weise durch Magnetventile 1232 und 1234 gesteuert. Ist der Schaltkontakt 1224 geöffnet, so werden die Magnetventile 1232 und 1234 stromlos und verbinden beide Seiten des betreffenden Zylinders miteinander, so daß die Schweißpistole 1029 auch in diesen Koordinaten zwanglos bewegt werden kann.

Der Antriebszylinder 67 für die Auf-Ab-Bewegung wird normalerweise durch das Servoventil 174 gesteuert, um den Manipulatorarm um eine horizontale Achse auf- oder abzuschwenken. Wenn das betreffende Magnetventil 1228a durch Öffnen des Schaltkontakte 1224 stromlos wird, wird der Kolbenstangenseite des Zylinders 64 über die Leitung 178 der volle Systemdruck mitgeteilt. Da jedoch die Kolbenfläche auf dieser Seite kleiner ist als diejenige auf der anderen Seite des Zylinders 64, die über die Leitung 176 beaufschlagt wird, ist es erforderlich, einen Druckregler 1242 vorzusehen, der in Reihe mit einem weiteren Magnetventil 1228b am vollen Systemdruck aus der Leitung 169 liegt. Wird

das Magnetventil 1228b durch Öffnen des Schaltkontakte 1224 stromlos, so herrscht in der Leitung 176 und damit auch auf der der Kolbenstange abgewandten Kolbenseite des Zylinders 64 ein verringelter Druck. Der Druckregler 1242 ist so eingestellt, daß dieser verringerte Druck multipliziert mit der Kolbenfläche auf dieser Seite gleich dem Systemdruck multipliziert mit der Kolbenfläche auf der Kolbenstangenseite ist, um bei Stromloswerden der Magnetventile 1228a und 1228b das gewünschte Kräftegleichgewicht an dem Kolben herbeizuführen. Dann nämlich kann der Manipulatorarm zwanglos durch äußere Kräfte auf- und abgeführt werden.

Wird das Magnetventil 1226 für die Ausfahr-Einfahr-Bewegung durch Öffnen des Schaltkontakte 1224 stromlos, so gelangt ein solcher Druck auf die der Kolbenstange abgewandte Seite des Ausfahr-Einfahr-Zylinders 72, daß an dessen Kolben wiederum ein Kräftegleichgewicht herbeigeführt wird. Genauer gesagt liegt der volle Systemdruck normalerweise beständig auf der Kolbenstangenseite des Zylinders 72 an. Wird das Magnetventil 1226 stromlos, so erhält die der Kolbenstange abgewandte Seite des Zylinders 72 einen Druck, der durch einen Druckregler 1244 auf einen solchen Wert verringert wurde, daß dieser Druck multipliziert mit der vollen Kolbenfläche gleich dem Systemdruck multipliziert mit der Kolbenstangenseitigen Kolbenfläche ist.

Der Druckregler 1244 ist indessen in der Lage, drei verschiedene Drücke herzustellen, die, ein jeder für sich, durch Handräder 1246, 1248 und 1250 einstellbar sind. In Abwesenheit von elektrischen Steuersignalen aus einer Compensationsanordnung für den Leerlaufwiderstand, die anschließend noch genauer beschrieben wird, kann der Druckregler 1242 mit dem Handrad 1248 so eingestellt werden,

daß er den oben erwähnten verminderten Druck für ein Kräftegleichgewicht am Kolben des Zylinders 72 liefert.

Beim Auftreten entsprechender elektrischer Signale kann der Druckregler 1244 jedoch einen etwas erhöhten oder verminderten Druck liefern, der in der Lage ist, den Reibungswiderstand innerhalb des Zylinders 72 für die eine oder andere Bewegungsrichtung des Kolbens auszuschalten. Diese Kompensationsmöglichkeit findet Verwendung bei dem erwähnten Neutralmodus, der anschließend in Verbindung mit den Figuren 10 und 11 noch genauer beschrieben wird.

Damit auch die Servoventile, die normalerweise die hydraulischen Antriebszylinder steuern, auf ein Alarmsignal hin neutralisiert werden, besitzt das Alarmrelais 1020 noch einen weiteren Satz Schaltkontakte 1250', die in Reihe mit den Servoverstärkern innerhalb der Entfernungs-Schaltkreise 1154 am negativen Pol einer 18 V-Spannungsquelle liegen. Die Servoverstärker reagieren normalerweise auf die ihnen zugeteilten Abweichungssignale dadurch, daß sie entsprechende elektrische Steuersignale an die Erregerwicklung der betreffenden Servoventile senden. Wenn jedoch das Alarmrelais 1120 stromlos wird, so öffnen seine Kontakte 1250', wodurch die negative Spannung von allen fünf Servoverstärkern verschwindet und die Wicklungen der Servoventile 182, 186, 184, 174 und 166 (Fig. 5) stromlos werden. Ist dies der Fall, so nehmen alle fünf Servoventile eine neutrale Stellung ein, bei der sie keinerlei Steuerfunktionen für die angeschlossenen Zylinder ausüben.

Wie bereits mehrfach erwähnt, kann der Manipulator auch noch auf eine andere Weise programmiert werden als dies anhand der Figuren 1 - 9 erläutert ist, wodurch eine erheblich kleinere Zahl von Programmschritten

erforderlich ist, um ein Zusammenwirken des Armes mit einem Werkstück auf dem Fließband 1000 zu erzielen. Dieser Programmiermodus kann als Neutralmodus bezeichnet werden. Die zur Programmierung des Manipulators auf diese Weise erforderliche Anordnung geht aus Fig. 10 hervor.

In dieser Figur ist wiederum eine Leiste, 1252, einer auf dem Fließband 1000 befindlichen Kraftfahrzeugkarosserie 1002 ersichtlich, die gegenüber der Bewegungsrichtung des Bandes gemäß Pfeil 1254 geneigt ist. Bei dem Neutralmodus der Programmierung werden auf der Leiste 1252 lediglich an den vorgesehenen Schweißstellen 1256 und 1258 Kreidemarkierungen angebracht. Es sei angenommen, daß der Manipulatorarm anfangs exakt eine festgelegte Ausgangsposition außerhalb der Bahn der Karosserien 1002 einnimmt, wie dies in Fig. 10 ausgezogen dargestellt ist. Dabei soll das Band gerade eine Position erreicht haben, in welcher der Anschlag 1008 das Lagerstück 1014 von dem Anschlag 1018 mitzuführen beginnt. Die betreffende Position der Leiste 1252 ist ebenfalls ausgezogen dargestellt.

Nun wird der Manipulatorarm zunächst in die gestrichelt dargestellte Position 1260 gebracht, während die Leiste 1252 sich in die gestrichelt eingezeichnete Position 1262 bewegt, so daß die bezeichnete Schweißstelle 1258 unmittelbar zwischen den Schweißelektroden 1030 und 1032 zu liegen kommt. Diese Bewegung der Karosserie kann von Hand oder mittels irgendeines geeigneten Hilfsantriebes erfolgen.

Stimmen nun die Elektroden 1030 und 1032 mit der markierten Schweißstelle 1258 überein, so wird wiederum der Aufzeichnungsdruckschalter 340 betätigt, während weiterhin der Schweißsteuerschalter 1058 und Bandsynchronisierschalter 1060 geschlossen sind.

Bei dem betrachteten Neutralmodus der Programmierung sind die hydraulischen Antriebszylinder des Manipulatorarmes neutralisiert, so daß während der Zeit, in der die Schweißelektroden 1030 und 1032 geschlossen sind und das Band in Richtung des Pfeiles 1254 weiterläuft, der Manipulatorarm kraftlos von der bewegten Karosserie mitgeführt wird. Dieser letztgenannte Vorgang, der natürlich erst im Arbeitsbetrieb stattfindet, ist in Fig. 10 mit der gestrichelten Linie 1264 angedeutet. Während des Arbeitsbetriebes bewegt sich also der Manipulatorarm aus seiner Position 1260 bis in die Position 1266, ohne daß hierfür zusätzliche Programmschritte einprogrammiert werden müssen. Die Programmsteuerung des Manipulatorarmes setzt jedoch wieder ein, sobald der Schweißvorgang abgeschlossen ist, und der Arm sollte dann so programmiert werden, daß er sich zu einem Punkt kurz vor der nächsten Schweißstelle, 1256, bewegt, d. h. in die gestrichelt angedeutete Position 1268.

Demgemäß wird bei der Instruktion oder Programmierung nach Einspeicherung des ersten Programmschrittes in der Position 1260 der Manipulatorarm sogleich in die Position 1268 gebracht. Die Leiste auf dem Band läuft dann von der Position 1262 zu einer Position, in der die markierte Schweißstelle 1256 genau mit den Schweißelektroden 1030 und 1032 übereinstimmt entsprechend der Position 1268 des Manipulatorarmes. Ist dies der Fall, so wird der Aufzeichnungsdruckschalter 340 erneut betätigt, um damit den nächsten Programmschritt festzulegen.

Da die Schweißstellen 1256 und 1258 normalerweise einige dm auseinanderliegen, wird die Position 1268 an einer solchen Stelle festgelegt, daß genügend Zeit verbleibt für den Schweißvorgang an der Schweißstelle 1258 und den anschließend erst beginnenden Übergang des Manipulatorarmes zu der Schweißstelle 1256.

Es ist ersichtlich, daß auch bei diesem Modus der Programmierung der Manipulatorarm sich, soweit erforderlich, in Synchronismus mit dem Band 1000 bewegt, d. h. so lange die Schweißelektroden das Werkstück zwischen sich einschließen. Sobald die Schweißung vollendet ist, werden wiederum die hydraulischen Antriebszylinder des Manipulatorarmes angesteuert, jedoch so, daß sich der Arm mit verhältnismäßig großer Geschwindigkeit der neuen Position zu bewegt und dort bis zum Eintreffen der bezeichneten Stelle des Werkstücks verharrt, d. h. demjenigen Zeitpunkt, an dem ein erneutes Bandsynchronisiersignal auftritt und eine neue Schweißung ausgelöst wird.

Da sich der Manipulatorarm zwischen den einzelnen Schweißvorgängen nicht synchron mit dem Band zu bewegen braucht, ist eine erheblich geringere Zahl von Programmschritten erforderlich, um die gleiche Folge von Schweißungen durchzuführen, wie im Fall der Programmierung im Quasi-Durchlauf-Modus nach Fig. 2. In diesem zuerst beschriebenen Fall bewegt sich der Manipulatorarm beständig praktisch synchron mit dem Band, so daß die Antriebszylinder des Manipulatorarmes im Grunde auch während der einzelnen Schweißvorgänge in Betrieb bleiben könnten. Wie gesagt, erscheint es jedoch auch in diesem Falle angezeigt, die Programmierung so vorzunehmen, daß die Antriebszylinder während der Schweißvorgänge unwirksam werden, so daß der Manipulatorarm von dem Werkstück, mit dem er sich dann in Eingriff befindet, mitgezogen wird. In diesem Falle könnte auch darauf verzichtet werden, Programmschritte für all diejenigen Vorschubintervalle des Bandes einzuspeichern, in denen der Schweißvorgang andauert, d. h. für die Positionen 1108, 1112 und 1116 in Fig. 2. Hierzu sind dann allerdings gleichfalls die nachfolgend in Verbindung mit dem Neutralmodus der Programmierung beschriebenen zusätzlichen Schaltungsmaßnahmen erforderlich.

Um den Manipulatorarm während jeder Punktschweißung zwanglos durch das Werkstück mitführbar zu machen, ist es erforderlich, in dieser Zeit alle fünf Antriebszylinder außer Tätigkeit zu setzen. Zu diesem Zweck findet eine Anordnung Verwendung, die der oben bezüglich der Stillsetzung der Antriebszylinder auf ein Alarmsignal hin beschriebenen entspricht. Genauer gesagt hat das Schweißsignalrelais 1182 einen zusätzlichen Schaltkontakt 1270, der parallel zu dem Schaltkontakt 1224 liegt, jedoch normalerweise geschlossen ist, d. h. solange das Schweißsignalrelais 1182 stromlos ist. Hat sich der Manipulatorarm in eine Position wie z.B. die Position 1260 oder 1268 nach Fig. 10 begeben und nimmt das Fließband eine Position ein, in der sich die betreffende Schweißstelle, wie z. B. die Schweißstelle 1258, knapp hinter den Schweißelektroden 1030 und 1032 befindet, so wird über die Leitung 1176 ein Schrittwechselsignal in den Schrittwechselsteuerschaltkreis 1140 gegeben, was zur Be-tätigung des Schweißsignalrelais 1182 und zum Schließen von dessen Schaltkontakten 1186 führt, so daß die Elektroden 1030 und 1032 zusammenfahren. Zur gleichen Zeit öffnet sich der Kontakt 1270, wodurch sämtliche Magnetventile 1226 - 1234 stromlos werden und in sämtlichen der angeschlossenen Antriebszylinder auf die oben in Verbindung mit Fig. 8 be-schriebene Art ein Kräftegleichgewicht zustandekommt. Damit werden diese Antriebszylinder unwirksam und gestatten es dem Manipulatorarm, über die auf der Schweißstelle 1258 ge-schlossenen Elektroden 1030 und 1032 seitens des Bandes mitgeführt zu werden. Dieser Zustand dauert so lange an, bis die Schweißelektroden auseinanderfahren und damit den Kontakt 1188 öffnen. Zu diesem Zeitpunkt wird das Schweiß-signalrelais 1182 stromlos, wodurch sein Schaltkontakt 1270 geschlossen wird. Dies wiederum hat zur Folge, daß die fünf Magnetventile 1226 - 1234 wieder ansteuerbar sind.

Sobald ein Signal auf der Leitung 1176 auftritt, bewir-

ken die Steuerkreise 380 auf die angegebene Weise, daß der Trommelspeicher 300 zum nächsten Programmschritt übergeht. Ist dies der Fall, so gelangen die neuen Steuersignale für den Manipulatorarm entsprechend der Position 1268 nach Fig. 10 in den Vergleicher 422. Da gleichzeitig die hydraulischen Antriebszylinder außer Funktion gesetzt werden, strebt der Arm der Position 1268 jedoch so lange nicht zu, wie sich die Schweißelektroden in Eingriff mit dem Werkstück befinden. Sobald aber die Elektrode 1032 beim Zurückfahren den Kontakt 1188 betätigt hat und die Steuerung der Antriebszylinder wieder einsetzt, bewegt sich der Manipulatorarm rasch aus der Position 1266, die er zu Ende des Schweißvorganges an der Schweißstelle 1258 einnimmt, zu der Position 1268. In dieser verharrt er, bis auf der Leitung 1176 ein Signal dann auftritt, wenn die Schweißstelle 1256 beinahe mit den Schweißelektroden in der Position 1268 übereinstimmt. Dann wird ein neuer Schweißvorgang auf die gleiche Weise eingeleitet, während dem die hydraulischen Antriebszylinder wiederum stillgesetzt werden. Es ist erkennbar, daß auf diese Weise eine erheblich geringere Zahl von Programmschritten erforderlich ist als bei dem zunächst beschriebenen Quasi-Durchlauf-Modus.

Die Mitführung des Manipulatorarmes seitens des Werkstücks über die Schweißelektroden 1030 und 1032 kann erfordern, daß der Arm eine Einfahr-Ausfahr-Bewegung in seiner Längsachse vollführt, bei der sich die Kolbenstange 76 gegenüber dem Zylinder 72 (Fig. 8) verschiebt. Da diese Kolbenstange verhältnismäßig lang ist und die Schweißpistole 1029 an ihrem Ende ein beträchtliches Gewicht besitzt, ist diese Bewegung von einem erheblichen Reibungswiderstand begleitet. Dieser kann beispielsweise in der Größenordnung von 25 kp liegen, so daß der Eingriff der Schweißelektroden mit der bewegten Karosserie unter Umständen nicht ausreicht, um diesen Widerstand zu überwinden bzw. die Karosserie durch die Schweißelektroden verbogen oder sonstwie beschädigt wird.

Aus diesem Grunde ist die bereits erwähnte Kompensationsmöglichkeit für den Reibungswiderstand vorgesehen, mit der eine Hilfskraft auf den Kolben des Zylinders 72 in der jeweiligen Bewegungsrichtung erzeugt werden kann, solange ein Schweißvorgang andauert und der Zylinder 72 außer Funktion gesetzt ist.

Diese Hilfskraft muß, wie gesagt, je nach der zu erwartenden Bewegungsrichtung der Kolbenstange 76 verschiedenen gerichtet sein, d.h. nach der Lage der Schweißstelle in bezug auf die Schwenkachse des Manipulatorarmes. Nach Fig. 11 ist der Manipulatorarm über einen Bogen 1272 beweglich, während der Unterbau 1274 des Manipulators feststehend ist. Es sei angenommen, daß sich das Fließband 1000 in Richtung des Pfeiles 1276 bewegt. Es ist ersichtlich, daß dann Schweißungen an den Punkten A und B der Fig. 11 unterschiedliche Kompensationskräfte in bezug auf die Längsachse des Manipulatorarmes erfordern. Findet eine Schweißung im Punkt A statt, so wird der Manipulatorarm in Richtung des Pfeiles 1278 mitgenommen, was ein Einfahren der Kolbenstange 76 in Richtung des Pfeiles 1280 zur Folge hat. Wird hingegen eine Schweißung im Punkt B ausgeführt, wobei sich der Manipulatorarm in Richtung des Pfeiles 1282 bewegt, so wird die Kolbenstange 76, wie durch den Pfeil 1284 angedeutet, aus dem Zylinder 72 herausgezogen. Sollte sich das Band in der umgekehrten Richtung bewegen, so müssen sich selbstverständlich auch die Kompensationskräfte umkehren. Wenn z.B. eine Schweißung in Punkt A erfolgt, während sich das Werkstück in Richtung des Pfeiles 1286 bewegt, muß eine Kompensationskraft in Richtung des Pfeiles 1288 die dann stattfindende Ausfahrbewegung der Kolbenstange 76 unterstützen, während bei einer Schweißung im Punkt B, bei der sich das Werkstück in Richtung des Pfeiles 1290 bewegt, eine Kompensationskraft in Richtung des Pfeiles 1292 auftreten muß.

Zur wahlweisen Erzeugung der erforderlichen Kompressionskräfte in beiden Richtungen ist der Druckregler 1244 so ausgebildet, daß er einen etwas höheren Druck zur Unterstützung der Ausfahrbewegung und einen etwas geringeren Druck zur Unterstützung der Einfahrbewegung der Kolbenstange 76 während der Ausführung einer Punktschweißung liefert, als es erforderlich wäre, um lediglich ein Kräftegleichgewicht an dem Kolben des Zylinders 72 herbeizuführen. Der jeweilige Druckunterschied ist jedoch nicht groß genug, um die Kolbenstange 76 selbstständig zu verschieben. Er reicht lediglich aus, um die von außen auf die Kolbenstange einwirkende Kraft zu unterstützen und sie hierdurch leichtgängig zu machen.

Zur Anzeige dafür, in welchem der beiden Quadranten 1294 und 1296 nach Fig. 11 der Manipulatorarm sich gerade befindet, kann der Codierer 326 für die Schwenkbewegung um die vertikale Achse (Fig. 5) Verwendung finden. Da dieser Codierer einen Gray-Code verwendet, entspricht das höchstwertige Digit, d. h. die Spannung an dem Ausgang E 13 dieses Codierers einer binären "1" für den Quadranten 1294 und einer binären "0" für den Quadranten 1296 der Manipulatorarmbewegung.

Wenn das Signal am Ausgang E 13 des Codierers 326 selbst für die gewünschte Reibungskompensation verwendet würde, könnte eine solche Kompensation nur für eine Bandbewegung in Richtung des Pfeiles 1276 erfolgen. Um jedoch eine Kompensation für beide Bewegungsrichtungen des Bandes während einer Schweißung zu erreichen, wird auch noch die Richtung dieser Bewegung abgetastet. Dies ist möglich, weil bereits der nächste Programmschritt abgerufen wird, sobald ein Schweißvorgang eingeleitet ist. Wenn

beispielsweise nach Fig. 10 ein Schweißvorgang in der Position 1260 ausgelöst wurde, wird dem Vergleicher 422 sogleich die Information für die Position 1268 angeboten. Demzufolge entsteht in den Richtungs- und Entfernungsteuerkreisen 1154 ein positives oder ein negatives Signal für die Schwenkkoordinate, sobald ein Schweißvorgang eingeleitet ist.

Die Leitungen 1300 und 1302 für die positiven und negativen Signale der Schwenkkoordinate können auf diese Weise verwendet werden, um die Bewegungsrichtung des Bandes während einer Punktschweißung festzustellen und danach die Richtung der erforderlichen Kompensationskraft in dem Zylinder 72 zu bestimmen. Genauer gesagt wird beim Erscheinen eines positiven Signals auf der Leitung 1300 ein Flip-Flop 1304 zum Kippen gebracht, was ein Signal an einem, 1306, seiner beiden Ausgänge zur Folge hat. Das am Ausgang 1306 erscheinende Signal wird entweder einem Kontakt 1308 oder einem Kontakt 1310 zugeleitet, je nachdem, in welcher Stellung sich ein Schalter 1312 befindet, der von einer Relaiswicklung 1314 gesteuert wird. Die Relaiswicklung 1314 selbst wird über einen Relaisansteuerverstärker 1316 von dem Signal am Ausgang E 13 des Codierers 326 beaufschlagt, das über die Leitung 1318 eintrifft, so daß die Relaiswicklung 1314 stets dann Strom erhält, wenn der Manipulatorarm sich in einem bestimmten der beiden Quadranten 1294 und 1296 befindet, während sie bei Aufenthalt des Armes in dem anderen dieser Quadranten stromlos ist.

Es sei nun angenommen, daß die Relaiswicklung 1314 stromlos ist und dies besagt, daß der Manipulatorarm sich in dem Quadranten 1296 befindet sowie ferner, daß die Bewegung des Bandes in Richtung des Pfeiles 1282, die dann

eine Kompensation des Reibungswiderstandes in dem Zylinder 72 in der durch den Pfeil 1284 angegebenen Auswärtsrichtung erforderlich macht, ein positives Signal auf der Leitung 1300 hervorruft. Dann gelangt das Signal vom Ausgang 1306 des Flip-Flops über die Leitung 1320 zu einem Magnetventil 1322 für einen relativen Überdruck. Wenn dieses Ventil somit geöffnet wird, entsteht am Ausgang des Druckreglers 1244 ein Druck, der etwas über demjenigen liegt, welcher für ein Kräftegleichgewicht mittels des Handrades 1248 einstellbar ist. Dieser Überdruck ist mit dem Handrad 1246 einstellbar. Er ist ausreichend, um entweder ganz oder teilweise die Reibungskraft des Kolbens in dem Zylinder 72 zu kompensieren, wenn dieser sich nach außen, d. h. in Richtung des Pfeiles 1284 in Fig. 11, bewegt. Läuft hingegen das Band 1000 in Richtung des Pfeiles 1276 und ist ein positives Signal auf der Leitung 1300 zu verzeichnen, wenn sich der Manipulatorarm im Quadranten 1294 befindet, d. h. eine Punktschweißung etwa im Punkt A erfolgt, so wird die Relaiswicklung 1314 erregt, da der Ausgang E 13 des Codierers 326 ein Signal entsprechend einer binären "1" für alle Positionen innerhalb des Quadranten 1294 führt. Infolgedessen wird das Signal vom Ausgang 1306 des Flip-Flops 1304 mittels des Schalters 1312 dem Kontakt 1310 und von dort über eine Leitung 1324 einem Magnetventil 1326 für einen relativen Unterdruck an dem Druckregler 1244 zugeführt. Dieses Ventil bewirkt infolgedessen, daß der Druckregler 1244 an seinem Ausgang einen durch das Handrad 1250 einstellbaren geringen Unterdruck gegenüber dem für einen vollkommenen Kräfteausgleich erforderlichen Druck hervorbringt. Dieser Unterdruck genügt, um ganz oder teilweise die Reibungskraft zu überwinden, welche die Kolbenstange 76 bei einer Einwärtsbewegung in Richtung des Pfeiles 1280 in Fig. 11 erfährt, wenn eine Punktschweißung etwa im Punkt A ausgeführt wird.

Für den Fall, daß das Band sich entgegengesetzt zu der Richtung des Pfeiles 1276 bewegt, erscheint auf der Leitung 1302 vom Beginn einer jeden Punktschweißung an ein negatives Signal, das dem Rückstelleingang des Flip-Flops 1304 zugeführt wird. Damit wird dieses Flip-Flop rückgestellt und erzeugt dabei ein Signal auf seinem Ausgang 1328, das entweder auf die Leitung 1320 oder die Leitung 1324 gelangt, um eines der beiden Magnetventile 1322 oder 1326 anzusteuern, je nachdem, in welchem Quadranten der Manipulatorarm sich gerade befindet.

Nach der vorausgehenden Beschreibung wurde die Kompensationsanordnung für den Reibungswiderstand in Abhängigkeit von dem Signal auf dem Ausgang für das höchstwertige Digit des Codierers 326 gesteuert. Selbstverständlich kann jedoch auch eine andere geeignete Anordnung zu dem gleichen Zweck Verwendung finden. Beispielsweise kann mit der drehbaren Säule 60 (Fig. 8) des Manipulators ein Nocken verbunden sein, der geeignete Schaltmittel betätigt, um ein positives oder ein negatives Signal für die Erregung der Relaiswicklung 1314 je nach den beiden Quadranten 1294 und 1296 zu liefern. Es mag auch Fälle geben, wo eine Kompensation des Reibungswiderstandes nur in einer Richtung erforderlich ist, nämlich wenn eine Stillsetzung der Antriebszylinder des Manipulators von vornehmlich nur in einem der beiden angegebenen Quadranten zu erwarten und auch die Bandlaufrichtung unveränderlich ist.

Wie in Zusammenhang mit Fig. 10 bereits geschildert, wird der Programmschritt für die neue Position des Manipulatorarmes, nämlich die Position 1268 in Fig. 10, bereits abgerufen, sobald in der Position 1260 der Schweißvorgang eingeleitet ist. Demzufolge entsteht während der Bewegung entlang der Linie 1264 ein Abweichungssignal noch ehe der Schweißvorgang beendet ist. Wenn dieses den Servover-

tilen einer jeden Steuerkoordinate zugeführt würde, würden diese das durch die Magnetventile 1226 und 1234 hergestellte Kräftegleichgewicht aufheben. Um dies zu verhindern, besitzt das Schweißsignalrelais 1142 noch einen anderen Schaltkontakt, 1340 (Fig. 7), der normalerweise geschlossen ist, so daß die Servoverstärker in den Entfernungssteuerkreisen 1154 normalerweise -18 V erhalten. In diesem Zusammenhang sei daran erinnert, daß das Alarmrelais 1220 während des normalen Betriebs des Systems normalerweise unter Strom steht, so daß sein Schaltkontakt 1250 währenddessen geschlossen ist und -18 V über die hintereinanderliegenden Kontakte 1250' und 1340 anliegen. Wenn nun zu Beginn eines Schweißvorganges das Schweißsignalrelais 1182 erregt wird, öffnet sich der Kontakt 1340, so daß die erwähnte Speisespannung von den Servoverstärkern aller fünf Steuerkoordinaten verschwindet. Infolgedessen liefern diese trotz Anliegens von Abweichungssignalen an ihren Eingängen kein Steuersignal für die angeschlossenen Servoventile, so daß die letzteren in ihre neutrale Stellung gelangen und das in den hydraulischen Antriebszylindern hergestellte Kräftegleichgewicht während des Schweißvorganges nicht stören.

Wird der Manipulatorarm durch Eingriff der Schweißelektroden 1030 und 1032 von dem bewegten Werkstück mitgeführt, so wird hierdurch normalerweise auch eine Bewegung des Manipulatorarmes in anderen der fünf Steuerkoordinaten hervorgerufen. Es hat sich jedoch gezeigt, daß eine Kompensation des Reibungswiderstandes bezüglich der Einfahr-Ausfahr-Bewegung ausreicht, da nur von dem hierfür zuständigen Zylinder 72 wegen seiner großen Länge ein beträchtlicher Reibungswiderstand zu erwarten ist. Der Reibungswiderstand in den anderen Koordinaten ist klein genug, um durch die Mitführung des Manipulatorarmes seitens des Werkstücks überwunden zu werden, sofern die

betreffenden Antriebszylinder außer Funktion gesetzt sind. Im Bedarfsfall kann jedoch selbstverständlich eine ähnliche Kompensation des Reibungswiderstandes vorgesehen werden, wie sie oben in Zusammenhang mit der Schwenkbewegung des Manipulatorarmes beschrieben wurde.

14. Juli 1972

- 61 -

60

Anm.: Unimation, Inc.  
Mein Z.: Engelberger  
Case 127

2234759

Patentansprüche

1. Programmierbarer Manipulator für den automatischen Arbeitseinsatz eines Werkzeugs in einer Fließbandfertigung unter fortlaufendem Werkstückvorschub, mit dem die Werkzeugbewegung jeweils während einer bestimmten Vorschubstrecke synchronisiert ist, worauf das Werkzeug in eine Ausgangsstellung zurückkehrt, dadurch gekennzeichnet, daß der Manipulator (1004) selbst feststehend ist und daß er als Werkzeugträger einen in mehreren Koordinaten verfahrbaren Arm aufweist, dessen programmgesteuerter Bewegungsablauf sich in Abhängigkeit von der Vorschubbewegung der Werkstücke (1002) vollzieht.
2. Manipulator nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Arm um eine vertikale Achse schwenkbar sowie aus- und einfahrbar ist.
3. Manipulator nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Antriebsmittel (64; 72; 90; 100; 124; 126) für die Positionierung des Armes stillsetzbar sind derart, daß der Arm dann von einer äußeren Kraft zwanglos mitführbar ist.
4. Manipulator nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Stillsetzung der Antriebsmittel (64; 72; 90; 100; 124, 126) aufgrund eines mit einzelnen Programmschritten eingegebenen Signals, wie z. B. eines Auslösesignals für den Werkzeugeinsatz, herbeiführbar ist.
5. Manipulator nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß mit dem letzten einer Folge von Programm-

209885/1212

Schritten ein Signal einspeicherbar ist, aufgrund dessen der Arm unabhängig von dem Werkstückvorschub in eine Ausgangsstellung (1101/Fig. 2) zurückgeführt wird, in der er verbleibt, bis durch das Eintreffen des nächsten Werkstücks (1002) wiederum der Abruf des ersten Programmschritts ausgelöst wird.

6. Manipulator nach einem der Ansprüche 3 - 5, dadurch gekennzeichnet, daß mit der Stillsetzung der Antriebsmittel (64; 72; 90; 100; 124, 126) zumindest für die Aus- und Einfahrbewegung des Armes eine Kompensation des Reibungswiderstandes herbeiführbar ist.
7. Manipulator nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Kompensation des Reibungswiderstandes richtungsabhängig ist und ihre Richtung sich durch ein von der jeweiligen Stellung des Armes in bezug auf seine vertikale Schwenkachse und gegebenenfalls von der Vorschubrichtung der Werkstücke (1002) abgeleitetes Signal bestimmt.
8. Manipulator nach einem der Ansprüche 3 - 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Antriebsmittel (64; 72; 90; 100; 124, 126) aus über Servoventile (z.B. 174; 166) gesteuerten Hydraulikzylindern bestehen und daß zusätzlich Magnetventile (1228a, 1228b; 1226; 1232; 1234; 1230) dazu vorgesehen sind, in der Neutralstellung der Servoventile die Zylinderräume für die beiden entgegengesetzten Antriebsrichtungen miteinander zu verbinden.
9. Manipulator nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß in der Neutralstellung der betreffenden Servoventile (z.B. 174) jeweils derjenige Zylinderraum mit der kleineren Kolbenfläche dem vollen Systemdruck ausgesetzt und das zugehörige Magnetventil (1228a, 1228b; 1226) mit einem Druckregler (1242; 1244) in Reihe geschaltet ist.

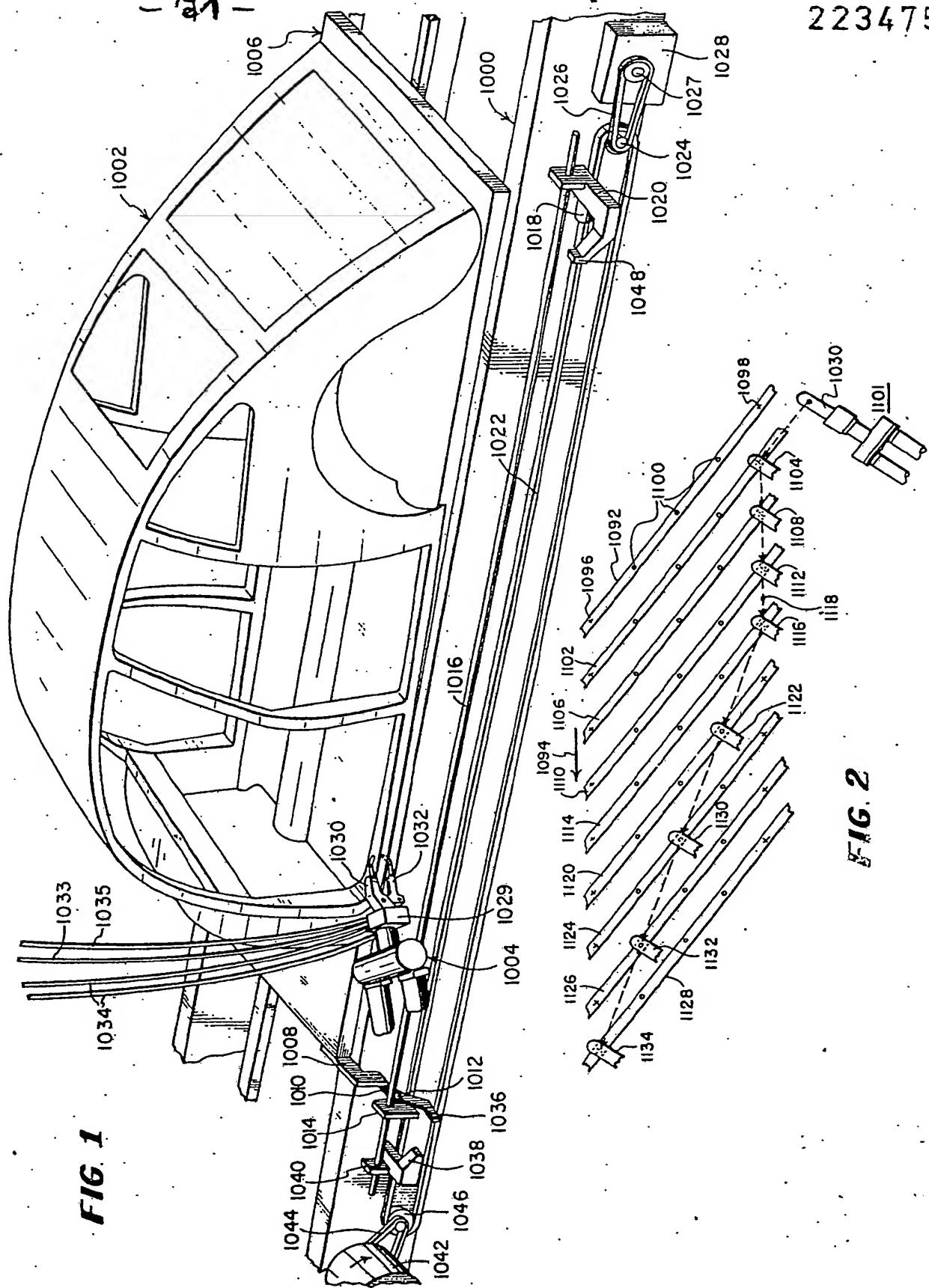
10. Manipulator nach Anspruch 7 und 9, dadurch g e - k e n n z e i c h n e t , daß der Druckregler (1244) in Abhängigkeit von dem richtungsabhängigen Signal an seinem Ausgang - vorzugsweise einstellbare - unterschiedliche Drücke zu liefern vermag.
11. Manipulator nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch g e k e n n z e i c h n e t , daß zur Programmierung der Arm in Abhängigkeit von einzelnen aufeinanderfolgenden Positionen (z.B. 1102, 1106, 1110/Fig. 2) des Werkstückvorschubes willkürlich in die dazu vorgesehenen Armpositionen geführt werden kann und entsprechende Positionssignale zusammen mit solchen der betreffenden Werkstückpositionen und gegebenenfalls zu dem Programmsschritt gehörigen weiteren Signalen, wie Operationssignalen und Abwartsignalen, in einen Speicher (300) - vorzugsweise einen Trommelspeicher - einspeicherbar sind.
12. Manipulator nach Anspruch 11, dadurch g e k e n n - z e i c h n e t , daß für den schrittweisen Werkstückvorschub bei der Programmierung ein Schrittorschubantrieb (Fig. 9) vorgesehen ist, dessen Vorschubsschritte dem kleinstmöglichen Werkstückvorschub zwischen aufeinanderfolgenden Programmschritten entspricht.
13. Manipulator nach Anspruch 11 oder 12, dadurch g e - k e n n z e i c h n e t , daß die Positionssignale aus für jede Steuerkoordinate sowie den Werkstückvorschub vorgesehenen Codierern (314, 310, 322, 324, 326; 1028) gewonnen werden und die gleichen Codierer während des Arbeitsbetriebes laufende Positionssignale erzeugen, die in einem Vergleicher (422) mit den beiden der Programmierung eingespeicherten Positionssignalen verglichen werden, um daraus Richtungs- und Abweichungssignale als Steuersignale für die Antriebsmittel (64; 72; 90; 100; 124, 126) einer jeden Koordinate zu gewinnen.

14. Manipulator nach Anspruch 5 und 13, dadurch g e - k e n n z e i c h n e t , daß der Codierer (1028) für den Werkstückvorschub mit einem langgestreckten, in Richtung der Vorschubbewegung verlaufenden Antriebsglied (1022) gekuppelt ist und für die Aufnahme der Werkstücke (1002) - vorzugsweise durch ein Fließband (1000) miteinander verbundene - Träger (1006) vorgesehen sind, die Anschlagmittel (1008) zur streckenweisen Mitführung des Antriebsgliedes aufweisen.
15. Manipulator nach Anspruch 13 oder 14, dadurch g e - k e n n z e i c h n e t , daß die Codierer (314, 310, 322, 324, 326, 1028) einen Gray-Code liefern, der vor dem Vergleich in einen Binärcode umgewandelt wird.
16. Manipulator nach einem der Ansprüche 13 - 15, dadurch g e k e n n z e i c h n e t , daß der Vergleicher (422) ein Multiplexvergleicher ist, der während eines jeden Multiplexzyklus die gespeicherten und die gegenwärtigen Positionssignale aus einem jeden Codierer (314, 310, 322, 324, 326, 1028) vergleicht, und daß für die Abweichungssignale der einzelnen Koordinaten Speichermittel (z. B. 473) vorgesehen sind.
17. Manipulator nach einem der Ansprüche 13 - 16, dadurch g e k e n n z e i c h n e t , daß dem Vergleicher (422) ein Digital-Analog-Umsetzer (456) nachgeschaltet ist.
18. Manipulator nach einem der Ansprüche 13 - 17, dadurch g e k e n n z e i c h n e t , daß er einen von dem Vergleicher (422) gesteuerten Alarmschaltkreis (1158) aufweist, der die Antriebsmittel (64; 72; 90; 100; 124, 126) des Armes und/oder den Vorschubantrieb stillsetzt, sobald das aus dem Vergleicher bezogene Abweichungssignal einen bestimmten - vorzugsweise einstellbaren - Wert überschreitet.

19. Manipulator nach einem der Ansprüche 13 - 18, dadurch gekennzeichnet, daß sein Schrittwechselsteuerschaltkreis (1140) einen Programmschrittwechsel dann zu vollziehen vermag, wenn die Abweichungssignale sämtlicher Koordinaten einen - vorzugsweise wählbaren - Wert unterschritten haben.
20. Manipulator nach einem der Ansprüche 1 - 18, dadurch gekennzeichnet, daß sein Schrittwechselsteuerschaltkreis (1140) einen Programmschrittwechsel dann zu vollziehen vermag, wenn eine bestimmte - vorzugsweise einstellbare - Annäherung an die mit dem gegenwärtigen Programmschritt vorgegebene Werkstückposition erreicht ist.
21. Manipulator nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß der Schrittwechselsteuerschaltkreis (1140) eine Kompensationseinrichtung (Tachogenerator in Reihe mit Potentiometer 1166) für unterschiedliche Vorschubgeschwindigkeiten der Werkstücke (1002) aufweist.
22. Manipulator nach Anspruch 19 und 20 oder 21, dadurch gekennzeichnet, daß mit den einzelnen Programmschritten ein Signal (Bandsynchronisiersignal) einspeicherbar ist, aufgrund dessen der Schrittwechselsteuerschaltkreis (1140) den Übergang zum nächsten Programmschritt bei der bestimmten Annäherung an die vorgegebene Werkstückposition anstatt in Abhängigkeit von den Abweichungssignalen der Koordinaten vollzieht.

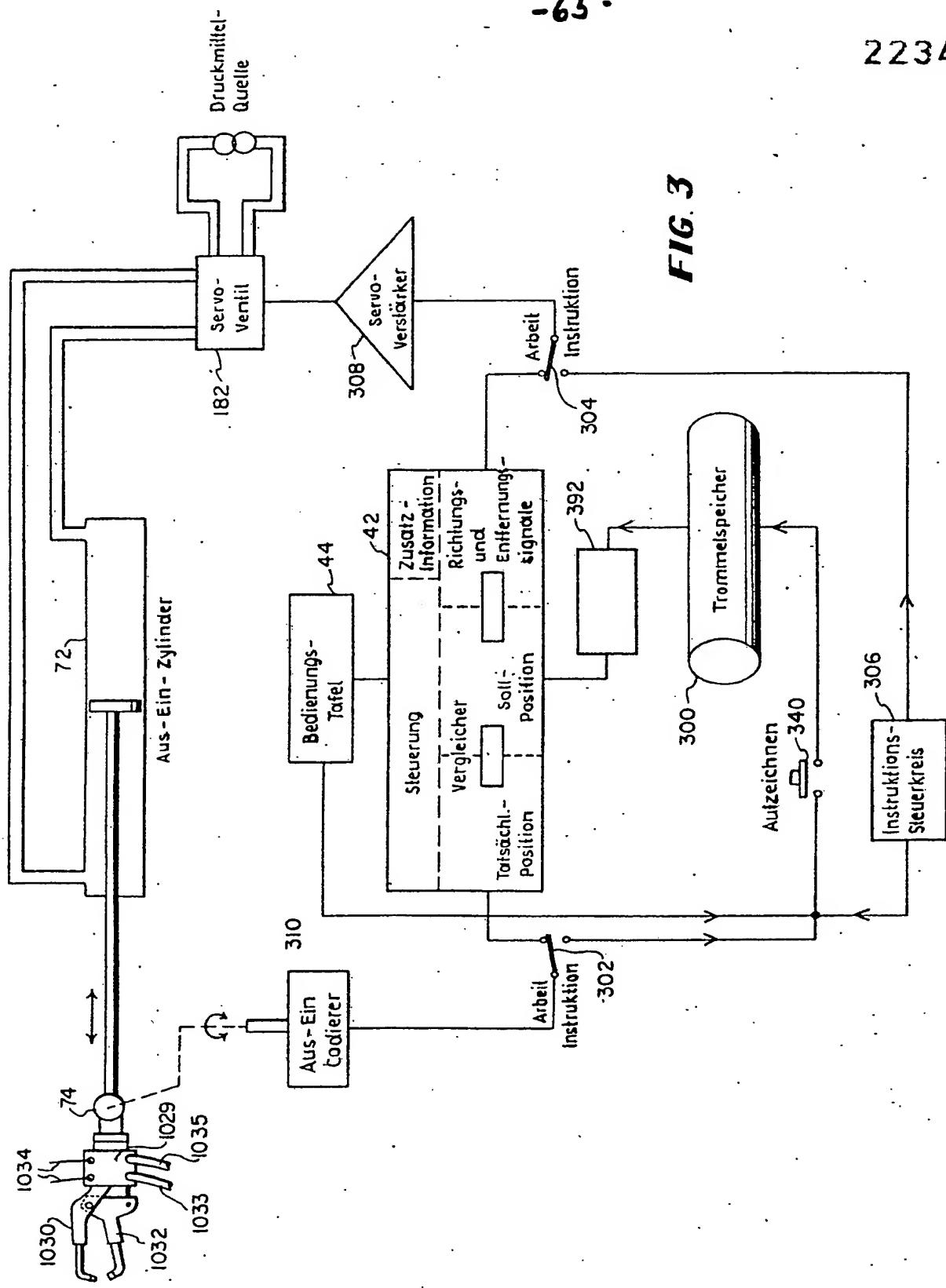
49 m 3-00 AT: 14.07.72 OT: 01.02.73

223475



209885 / 1212

FIG. 3



2234759  
300

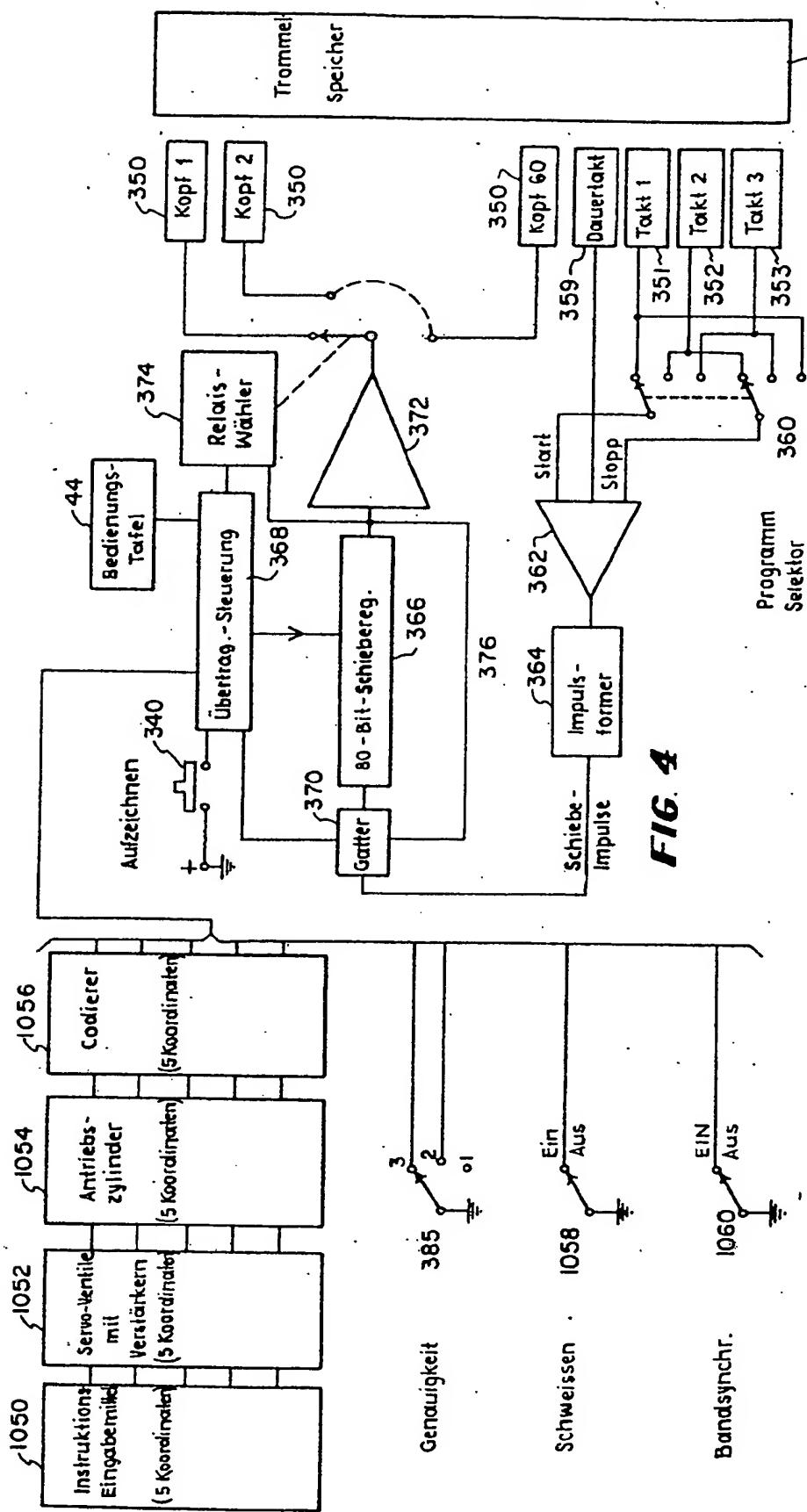


FIG. 4

FIG. 5

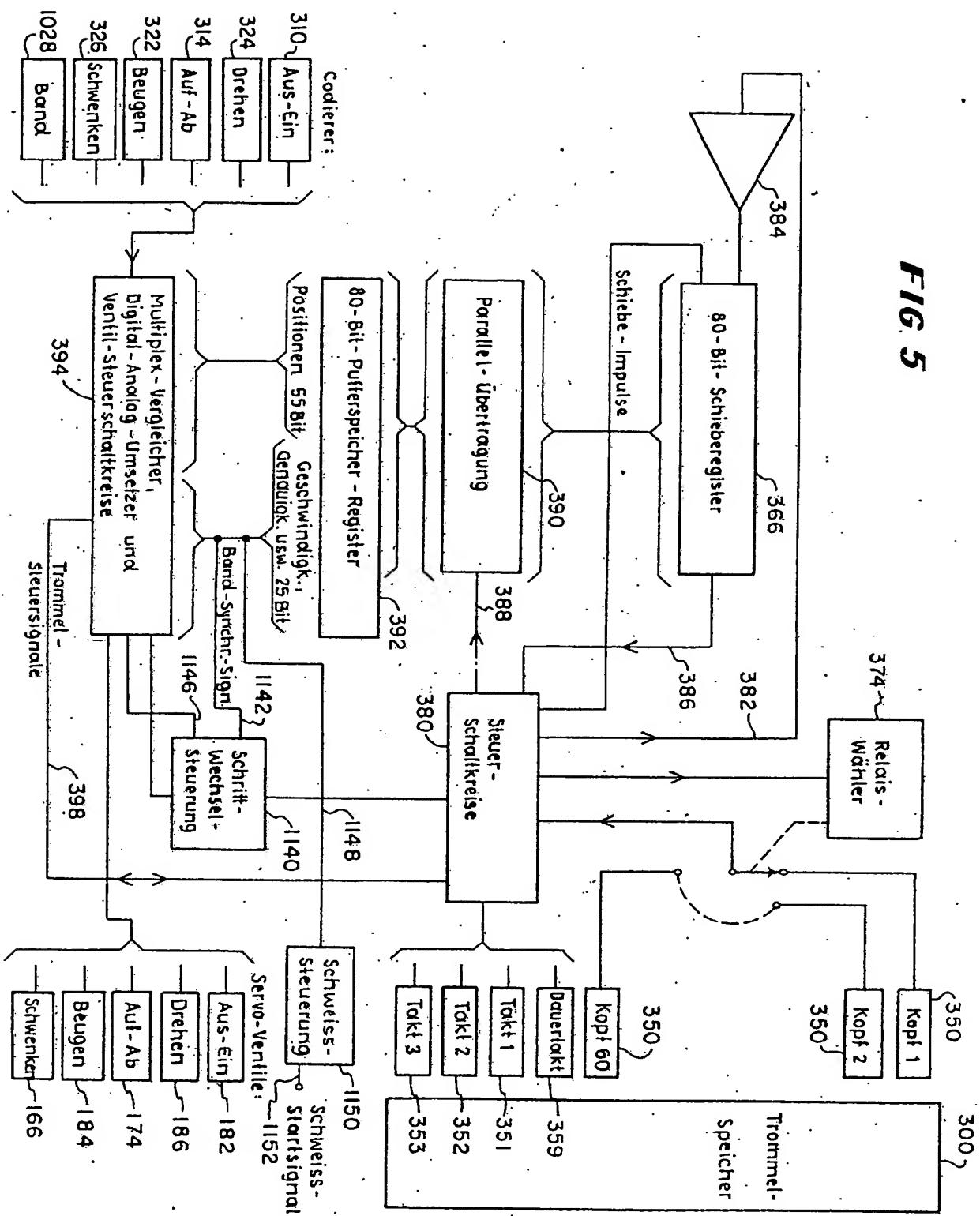
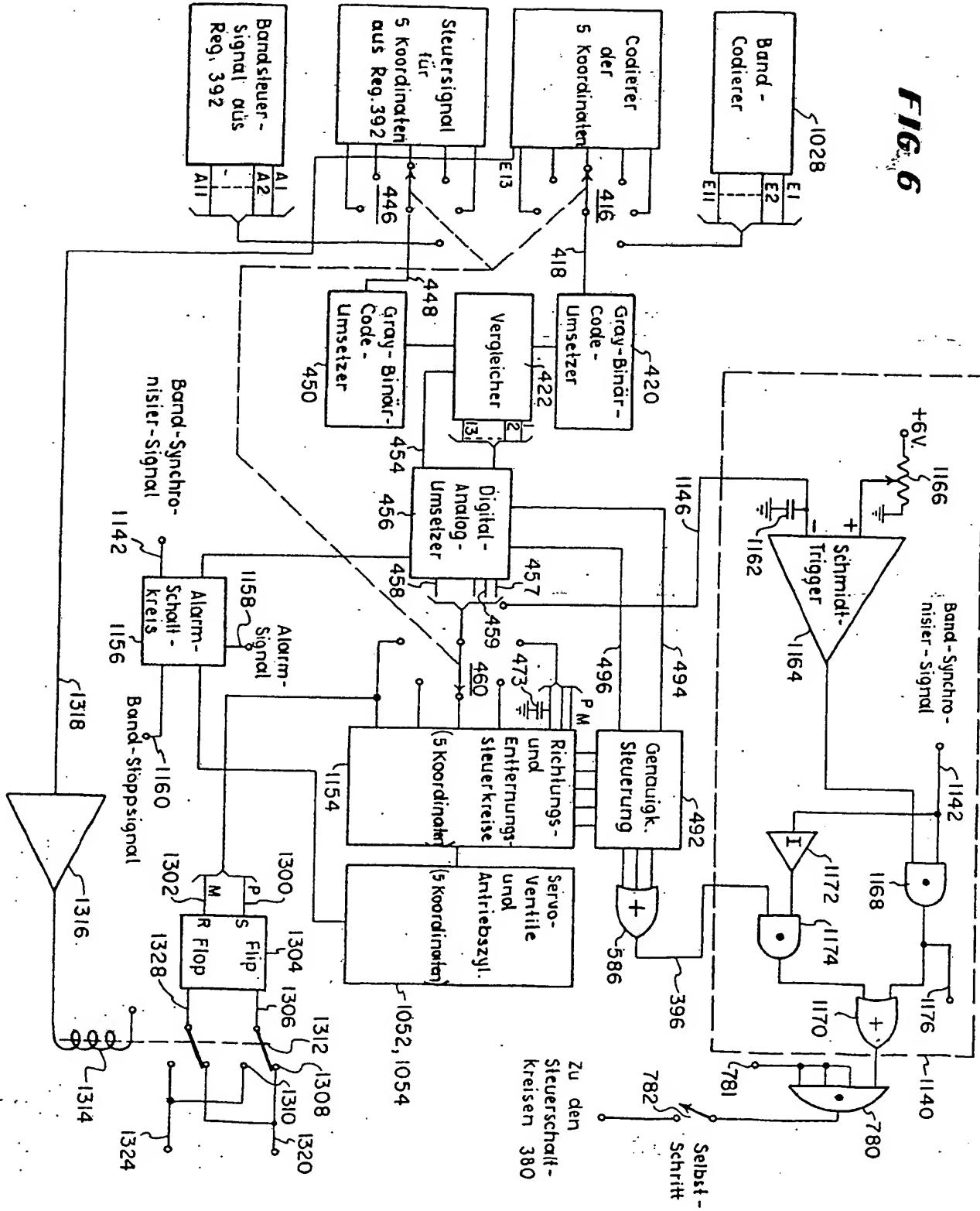


FIG 6



vom  
Vergleicher  
422

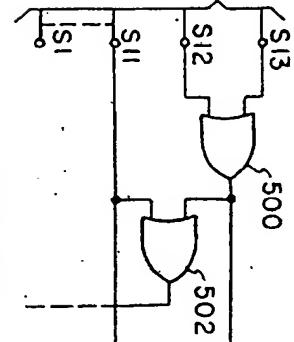
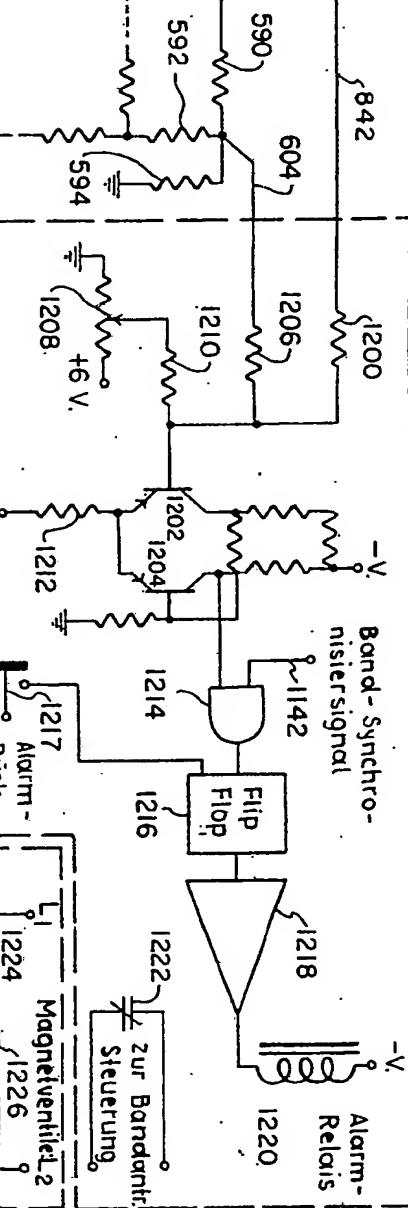


FIG. 7



Band-Synchro-  
nizersignal

Alarm-  
Relais

zur Bandantrieb  
Steuerung

1156

J

1148  
1176  
1178

Schweiss-  
signal  
aus Register

392

1180  
1184  
1188  
1152  
1182  
1270  
W1

Kontakt in  
Schweisspistole 1029

Auf-Ab

Schwenken

Beugen

Drehen

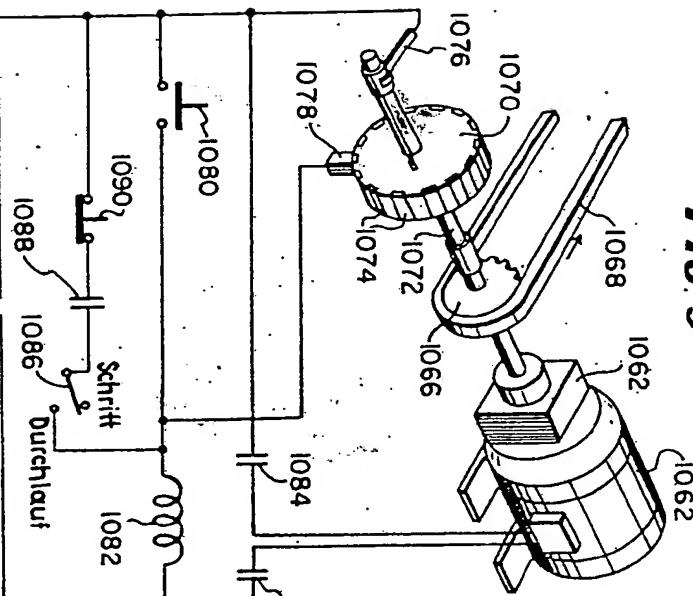
Steuerrelais

Zu  
Pistolen-

Steuerrelais

-18 V  
1250  
1154  
1150

Zum Servoversstärker  
in Entherr. Steuerkreis



Netz

2234759

-69-

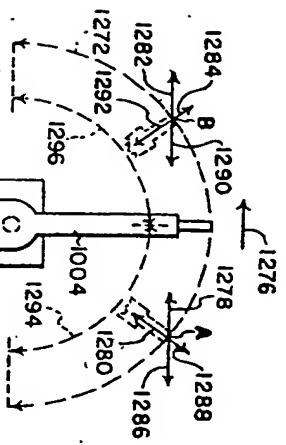


FIG. 8

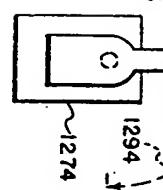


FIG. 11

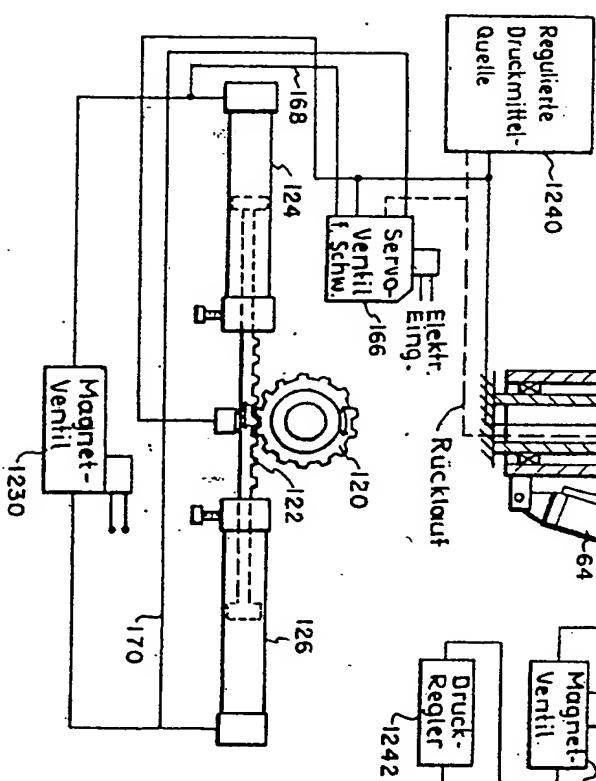


FIG. 10

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**